

BEST AVAILABLE COPY

IMAGE PROCESSING UNIT AND MEDIUM WHEREIN IMAGE PROCESSING PROGRAM IS STORED

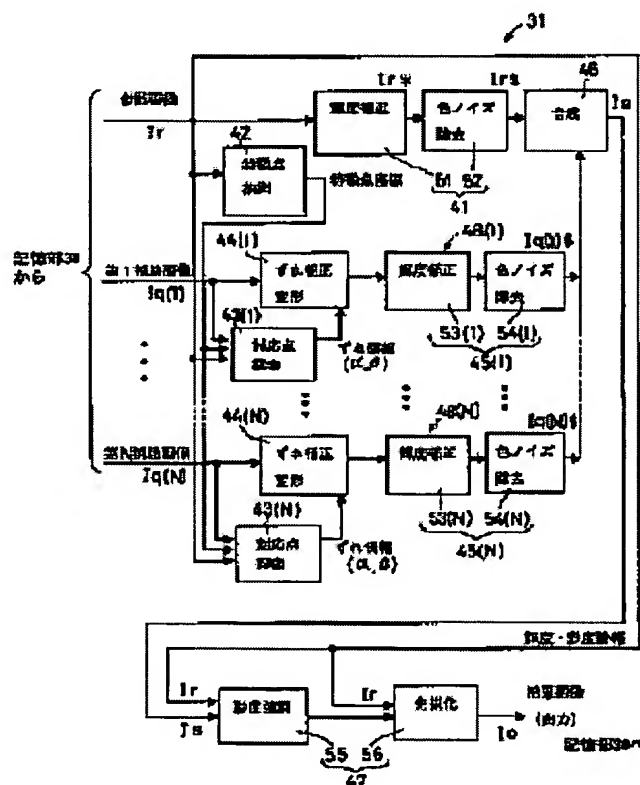
Patent number: JP11285019
Publication date: 1999-10-15
Inventor: TANIGUCHI TAKAHIDE; IWASAKI KEISUKE; SAIKA HISAFUMI; NAKAMURA YASUHISA
Applicant: SHARP CORP
Classification:
 - International: H04N9/68; H04N1/60; H04N1/46; H04N9/64
 - european:
Application number: JP19980087239 19980331
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP11285019

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the image quality of an image obtained by photographing an object with a low illuminance.

SOLUTION: A same object is included in a reference image and at least one auxiliary image. A reference pre-processing section 41 applies luminance correction processing to the reference image and suppresses respectively a saturation of each pixel of the reference image. A degree of suppression of the saturation is higher as the luminance of a pixel is lower and the saturation of the pixel is higher. Each deformation section 44(n) deforms each auxiliary image to cancel a difference between each auxiliary image and the reference image. An auxiliary pre-processing section 45(n) applies first luminance correction processing to each auxiliary image after deformation and then suppresses the saturation of each pixel of each auxiliary image. A synthesis section 46 averages and synthesizes the reference image and each auxiliary image outputted from the pre-processing sections 41, 45(n) to produce a synthesis image. A post-processing section 47 first emphasizes the saturation of each pixel of the synthesis image as a luminance is higher and sharpens the synthesis image.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-285019

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 9/68
1/60
1/48
9/64

H 0 4 N 9/68
9/64
1/40
1/46

Z
E
D
Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平10-87239

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月31日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 谷口 隆英

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 岩崎 圭介

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 斎藤 尚史

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 西教 圭一郎

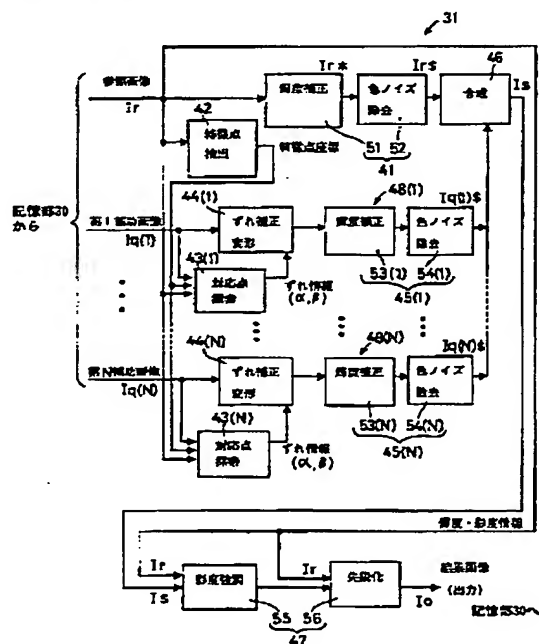
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および画像処理プログラムを記憶する媒体

(57) 【要約】

【課題】 照度が低い被写体を撮影して得られた画像の画質を改善する。

【解決手段】 1枚の参照画像および少なくとも1枚の補助画像には、同じ被写体が写っている。参照用前処理部41は、まず前記参照画像に輝度補正処理を施し、次いで該参照画像の各画素の彩度をそれぞれ抑制する。彩度の抑制の度合は、画素の輝度が低いほど、かつ、該画素の彩度が高いほど大きい。各変形部44(n)は、前記各補助画像と前記参照画像とのずれを相殺するように、各補助画像を変形する。補助用前処理部45(n)は、まず変形後の各補助画像に前記輝度補正処理を施し、次いで該各補助画像の各画素の彩度を抑制する。合成部46は、各前処理部41、45(n)から出力される参照画像および各補助画像を平均合成して、合成画像を生成する。後処理部47は、まず、前記合成画像の各画素の彩度を輝度が大きいほど強調し、次いで該合成画像を先鋭化する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の画素から構成されるカラーの被処理画像を入力する被処理画像入力手段と、

前記被処理画像の各画素の輝度を、予め定める関数に基づいて、それぞれ補正する被処理画像用輝度補正手段と、

輝度成分が補正された前記被処理画像の各画素の彩度を、前記各画素の補正された輝度が低くかつ前記各画素の前記彩度が高いほど、それぞれ抑制する被処理画像用彩度抑制手段とを含むことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 前記被処理画像と同じ被写体が写り、複数の画素から構成されるカラーの補助画像を、少なくとも 1 枚入力する補助画像入力手段と、

彩度が抑制された前記被処理画像と、全ての前記補助画像とを合成して、合成画像を得る合成手段とをさらに含み、

前記合成画像の各画素の色は、前記彩度が抑制された被処理画像の各画素の色と、該被処理画像内の各画素にそれぞれ対応する前記全ての補助画像の各画素の色との平均であることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】 前記全ての補助画像の各画素の輝度を、予め定める関数に基づいて、それぞれ補正する補助画像用輝度補正手段と、

輝度が補正された前記全ての補助画像の各画素の彩度を、前記各画素の補正された前記輝度が低くかつ前記各画素の前記彩度が高いほど、それぞれ抑制する補助画像用彩度抑制手段とをさらに含み、

前記合成手段は、彩度が抑制された前記被処理画像と、彩度が抑制された全ての補助画像とを合成することを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】 前記合成画像の各画素の色は、前記彩度が抑制された被処理画像の各画素の色と、該被処理画像の各画素にそれぞれ対応する前記全ての補助画像の各画素の色との単純平均であることを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 5】 前記各補助画像の各画素と、該補助画像の画素にそれぞれ対応する前記彩度が抑制された被処理画像の画素との相関を、該各補助画像の画素毎に個別に求める相関演算手段とをさらに含み、

前記合成画像の各画素の色は、前記彩度が抑制された被処理画像の各画素の色と、該被処理画像内の各画素にそれぞれ対応し、かつ、前記相関値によってそれぞれ重み付けされた前記全ての補助画像内の各画素の色との平均であることを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 6】 前記各補助画像と前記被処理画像とのずれを、各補助画像毎にそれぞれ検出するずれ検出手段と、

前記各補助画像と前記被処理画像とのずれの検出の信頼性を、各補助画像毎にそれぞれ求める信頼性算出手段と

をさらに含み、

前記合成手段は、前記全ての補助画像のうちの前記信頼性が予め定める評価基準以上である補助画像と、前記彩度が抑制された被処理画像とを、合成することを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 7】 前記各補助画像と前記被処理画像とのずれをそれぞれ検出するずれ検出手段と、

前記被処理画像と前記各補助画像とのずれを相殺するように、前記各補助画像をそれぞれ変形する変形手段とをさらに含み、

前記合成手段は、変形された前記全ての補助画像と、前記彩度が抑制された被処理画像とを、合成することを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 8】 前記被処理画像内に 3 つ以上設定される領域内から、特徴点を 1 つずつ抽出する特徴点抽出手段とをさらに含み、

前記領域のうちの少なくとも 3 つの領域は、各領域に予め定められる基準点を頂点とする図形が正三角形になるように、配置され、

前記ずれ検出手段は、複数の前記特徴点にそれぞれ対応する前記各補助画像内の複数の対応点を、前記各補助画像毎に個別に探索して、前記被処理画像内の全ての前記特徴点同士的位置関係と、前記各補助画像内の全ての前記対応点同士的位置関係とに基づいて、前記被処理画像と前記各補助画像とのずれをそれぞれ求めることを特徴とする請求項 6 および 7 記載の画像処理装置。

【請求項 9】 前記被処理画像用輝度補正手段は、前記被処理画像の各画素の輝度と予め定める基準輝度との和をそれぞれ求め、前記和を前記関数に基づいてそれぞれ補正することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 10】 前記被処理画像の各画素の抑制された彩度を、前記各画素の補正された輝度が高いほど、強調する彩度強調手段とをさらに含むことを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 11】 各画素の彩度が抑制された前記被処理画像に先鋭化を施す先鋭化手段とをさらに含み、

前記先鋭化の度合は、前記彩度が抑制された被処理画像の中の、前記補正された輝度が高い画素がある部分ほど、強いことを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 12】 複数の画素から構成されるカラーの被処理画像の画質を改善するための画像処理プログラムを記憶する媒体であって、

前記画像処理プログラムは、

前記被処理画像の各画素の輝度を、予め定める関数に基づいて、各画素毎にそれぞれ補正し、

輝度が補正された前記被処理画像の各画素の彩度を、前記各画素の補正された輝度が低くかつ前記各画素の彩度が高いほど、それぞれ抑制することを特徴とする画像処

理プログラムを記憶する媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低照度時の被写体を撮影して得られる画像の画質を改善するための画像処理装置および画像処理プログラムを記憶する媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、撮像素子を備えた画像機器として、たとえばいわゆるデジタル電子ステルカメラなどが、知られている。前記画像機器は、被写体からの光を前記撮像素子に光電変換して電気的な画像信号を得て、前記画像信号を画像データに変換して、記憶する。前記撮像素子は、たとえばいわゆるCCDイメージセンサである。前記画像信号および画像データは、複数の画素から構成される画像を表すアナログ信号およびデジタルデータである。前記画像データは、前記画像の各画素の色をそれぞれ表す複数の画素データを含んでいる。以後、画像信号および画像データを、該画像信号および該画像データが表す画像と略称することがある。前記色は、一般的に、色の三属性、すなわち輝度、彩度、および色相によって規定される。

【0003】前記画像の画質を向上させるために前記画像データに施される画像処理の1つに、画素の輝度のレベルを改善するための輝度補正処理がある。前記輝度補正処理が前記画像データに施される場合、前記画像データ内の各画素データの輝度成分が、補正前の輝度成分の値に応じた予め定める増幅率で、増幅される。一般的に、補正前の輝度成分の値、すなわち補正前の画素の輝度のレベルが低いほど、前記増幅率が高い。

【0004】前記画像機器を用い被写体を撮影する際に、前記被写体がある空間の照度が低い場合、得られる画像の各画素の輝度のレベルがどれも低くなり、かつ、前記各画素の画素データがいわゆるランダムノイズの影響を強く受ける。前記ランダムノイズは、たとえば、撮像素子に起因して発生するCCDノイズを含む。このため、低照度時に得られる画像に上述の輝度補正処理をそのまま施すと、前記ランダムノイズが強調されるので、輝度補正処理が施された後の画像が非常にきたなくなる。このため、前記画像に前記輝度補正処理を施す場合、さらに前記ランダムノイズを抑制するための処理を、前記画像データに施す必要がある。

【0005】図13は、前記ランダムノイズの抑制のための処理に関する第1の従来技術である雑音除去回路1の電気的構成を示すブロック図である。雑音除去回路1は、画像信号の信号レベルに応じて雑音の見え方にバランスを保ちつつ、ノイズを除去するための処理を行う回路であり、特開平7-111605号公報に開示される。雑音除去回路1は、3つのローパスフィルタ3~5と、信号レベル検出回路6と、判定回路7と、選択器8

とを備える。

【0006】雑音除去回路1の処理対象となる画像信号は、3つのローパスフィルタ3~5と信号レベル検出回路6とに、それぞれ与えられる。各ローパスフィルタ3~5は、前記画像信号からノイズをそれぞれ除去するためのものであり、通過帯域特性が相互に異なる。判定回路7は、信号レベル検出回路6が検出した前記画像信号の信号レベル、すなわち画素の輝度のレベルと、予め定める3種類の閾値とを、それぞれ比較する。選択器8は、判定回路7の比較結果に基づいて、前記画素の輝度のレベルが低いほど前記映像信号内のノイズの除去効果を大きくするために、前記画像信号の信号レベルが小さくなるほど、帯域がより狭いいずれか1つのローパスフィルタを選ぶ。選ばれたいずれか1つのローパスフィルタから出力される画像信号が、選択器8から雑音除去回路1外部に出力される。

【0007】雑音除去回路1では、前記ノイズの除去にローパスフィルタを用いているので、雑音除去回路1から出力される画像信号が表す画像が、空間的にぼけてしまうことがある。このため、前記画像の画質の改善を充分に行うことは困難である。さらに、前記ランダムノイズは、一般的に、ローパスフィルタだけを用いて前記画像信号から充分に取除くことは困難なので、雑音除去回路1から出力される画像信号に、前記ランダムノイズが残ることがある。

【0008】本件出願人は、前記ランダムノイズの抑制のための処理に関する第2の従来技術として、特開平5-91395号公報に開示される映像信号処理装置11を提案している。図14は、映像信号処理装置11の電気的構成を示すブロック図である。映像信号処理装置11は、カメラ14と、信号レベル検出回路15と、画像平均化回路16とを含む。

【0009】カメラ14は、広角レンズ13を介して被写体を連続して複数回撮影し、複数フレームの画像を示す映像信号AS1を、信号レベル検出回路15に順次与える。また、前記映像信号は、デジタルデータに変換されてから、画像内の領域の抽出に拘わる回路17を介して、画像平均化回路16に与えられる。信号レベル検出回路15は、前記映像信号の各フレームの画像に基づいて、被写体のある空間の撮影時の照度が低いかどうかを検出する。照度が低いことが検出される場合、信号レベル検出回路15は、低照度検出信号S0を出力して、画像平均化回路16を能動化させる。画像平均化回路16は、前記映像信号内のランダムノイズを低減させるために、最新フレームの画像と1フレーム前の画像とを平均化する。信号レベル検出回路15と画像平均化回路16とは、上述の処理をフレーム毎に繰返す。この結果、画像平均化回路16は、前記ランダムノイズが時間的に平均化された映像信号AS2を、ランダムノイズ低減の他の処理に拘わる回路18を介して、映像信号処理回路1

1 外部に出力する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述した第2の従来技術の映像信号処理装置11は、信号レベル検出回路15および画像平均化回路16が処理する画像の枚数が多いほど、ランダムノイズが抑制される。ゆえに、前記映像信号のランダムノイズを十分に除去するためには、多数の画像、たとえば4枚以上の画像が必要になる。このため、映像信号処理装置11は、連続して多数の画像を得ることができる画像機器、たとえばビデオカメラに適用することはできるが、該画像機器以外の画像機器、たとえばデジタルスチルカメラに適用することは困難である。

【0011】さらに、たとえば、映像信号処理回路11のカメラ14が、動きのある被写体を連続して撮影する場合、前記映像信号の各フレームの画像内に写る被写体の位置や形状が、前記各フレームの画像間で相互にずれる。ゆえに、このような映像信号の各フレームの画像が、信号レベル検出回路15および画像平均化回路16に与えられると、映像信号処理回路11から出力される映像信号に、前記ずれに起因する補正の誤りが蓄積される。これによって、前記各フレームの画像の画質の改善が困難になる。

【0012】本発明の目的は、できるだけ少ない枚数の画像を用いて、該画像内のランダムノイズを十分に抑制し、かつ、前記画像が動きのある被写体を撮影して得られたものである場合もランダムノイズの抑制が可能な画像処理装置および画像処理プログラムを記憶する媒体を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、複数の画素から構成されるカラーの被処理画像を入力する被処理画像入力手段と、前記被処理画像の各画素の輝度を、予め定める関数に基づいて、それぞれ補正する被処理画像用輝度補正手段と、輝度成分が補正された前記被処理画像の各画素の彩度を、前記各画素の補正された輝度が低くかつ前記各画素の前記彩度が高いほど、それぞれ抑制する被処理画像用彩度抑制手段とを含むことを特徴とする画像処理装置である。

【0014】本発明に従えば、前記画像処理装置は、いわゆる輝度補正処理が施された前記被処理画像に、さらに前記被処理画像用彩度抑制手段を用いて彩度抑制処理を施す。前記彩度抑制処理は、画素の輝度が低くかつ画素の彩度が高いほど、彩度を強く抑制する。これによって、前記輝度補正処理に起因して、前記被処理画像に重畳されるいわゆるランダムノイズが増幅された場合、前記ランダムノイズだけを選択的に抑制することができる。したがって、前記被処理画像が、照度が比較的低い空間内の被写体を撮影して得られている場合、前記被処理画像の画質を改善することができる。また、前記被処

理画像用彩度抑制手段は、前記各画素の彩度の抑制の度合を、該各画素自体の前記補正された輝度および彩度に基づいて、定めている。ゆえに、前記彩度の抑制のための処理を、前記被処理画像の画素単位で行うことができる。したがって、前記画像処理装置は、前記被処理画像全体を一様に処理する画像処理装置と比較して、前記被処理画像の画質の改善を効率良く行うことができる。

【0015】また第2の発明は、前記被処理画像と同じ被写体が写り、複数の画素から構成されるカラーの補助画像を、少なくとも1枚入力する補助画像入力手段と、彩度が抑制された前記被処理画像と、全ての前記補助画像とを合成して、合成画像を得る合成手段とをさらに含み、前記合成画像の各画素の色は、前記彩度が抑制された被処理画像の各画素の色と、該被処理画像内の各画素にそれぞれ対応する前記全ての補助画像の各画素の色との平均であることを特徴とする。

【0016】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第1の画像処理装置に加えて、補助画像入力手段と合成手段とを含む。この結果、前記画像処理装置は、輝度が補正された前記被処理画像内の各画素の彩度をそれぞれ抑制するだけでなく、前記少なくとも1枚の補助画像と前記彩度が抑制された被処理画像とを平均合成する。平均合成によって得られる合成画像は、前記被処理画像と同じ被写体が写っている画像であり、かつ、該合成画像の画素の色は、上述のように定められる。これによって、合成時に、前記彩度が抑制された被処理画像に残るランダムノイズが、前記補助画像に重畳されるランダムノイズによって相殺される。したがって、第2の前記画像処理装置から出力される画像、すなわち合成画像の画質が、前記彩度が抑制された被処理画像の画質よりも向上する。

【0017】また第3の発明は、前記全ての補助画像の各画素の輝度を、予め定める関数に基づいて、それぞれ補正する補助画像用輝度補正手段と、輝度が補正された前記全ての補助画像の各画素の彩度を、前記各画素の補正された前記輝度が低くかつ前記各画素の前記彩度が高いほど、それぞれ抑制する補助画像用彩度抑制手段とをさらに含み、前記合成手段は、彩度が抑制された前記被処理画像と、彩度が抑制された全ての補助画像とを合成することを特徴とする。

【0018】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第2の画像処理装置に加えて、補助画像用輝度補正手段と補助画像用彩度抑制手段とを含み、前記合成手段は、前記全ての補助画像に代わって、前記輝度が補正されてかつ彩度が抑制された全ての補助画像と、前記彩度が抑制された被処理画像とを合成する。これによって、前記合成手段の合成対象の画像、すなわち被処理画像および複数の補助画像は、合成手段で合成される前に、前記被処理画像用および補助画像用彩度抑制手段によって、輝度補正処理によって増幅されたランダムノイズがそれぞれ

抑制されている。これによって、前記合成手段は、合成対象の画像を画素の彩度を抑制することなくそのまま合成する場合よりも少ない枚数の画像を合成するだけで、前記合成画像にランダムノイズが重畳されることを確実に防止することができる。したがって、合成手段が行う合成処理が簡略化される。

【0019】また第4の発明は、前記合成画像の各画素の色は、前記彩度が抑制された被処理画像の各画素の色と、該被処理画像の各画素にそれぞれ対応する前記全ての補助画像の各画素の色との単純平均であることを特徴とする。

【0020】本発明に従えば、前記画像処理装置の前記合成手段は、前記合成画像の各画素の色を定める際に、いわゆる単純平均を用いる。これによって、簡単な演算処理によって、前記彩度が抑制された被処理画像に残るランダムノイズが、前記補助画像に重畳されるランダムノイズによって相殺される。したがって、前記合成手段は、前記彩度が抑制された被処理画像よりも画質が良い合成画像を、簡単な処理手順で作成することができる。

【0021】また第5の発明は、前記各補助画像の各画素と、該補助画像の画素にそれぞれ対応する前記彩度が抑制された被処理画像の画素との相関を、該各補助画像の画素毎に個別に求める相関演算手段をさらに含み、前記合成画像の各画素の色は、前記彩度が抑制された被処理画像の各画素の色と、該被処理画像内の各画素にそれぞれ対応し、かつ、前記相関値によってそれぞれ重み付けされた前記全ての補助画像内の各画素の色との平均であることを特徴とする。

【0022】本発明に従えば、前記画像処理装置の前記合成手段は、前記合成画像の各画素の色を定める際に、前記相関を用いた重み付け平均を用いる。たとえば、前記全ての補助画像それぞれの画素の色は、該画素と対応する前記彩度が抑制された被処理画像の画素との相関が小さいほど、重み付けが小さくなる。ゆえに、任意の1つの補助画像の画素の色の、前記合成画像の画素の色への影響の度合は、該補助画像の画素と前記被処理画像の画素との相関が低いほど、小さくなる。これによって、たとえば前記任意の1つの補助画像と前記彩度が抑制された被処理画像とに、いわゆる手ぶれに起因するずれがある場合、前記ランダムノイズの抑制に加えて、合成画像に前記ずれに起因するぼけや残像が生じることを、防止することができる。したがって、第5の画像処理装置は、前記合成画像の画質を、前記彩度が抑制された被処理画像よりも、向上させることができる。

【0023】また第6の発明は、前記各補助画像と前記被処理画像とのずれを、各補助画像毎にそれぞれ検出するずれ検出手段と、前記各補助画像と前記被処理画像とのずれの検出の信頼性を、各補助画像毎にそれぞれ求める信頼性算出手段とをさらに含み、前記合成手段は、前記全ての補助画像のうちの前記信頼性が予め定める評価

基準以上である補助画像と、前記彩度が抑制された被処理画像とを、合成することを特徴とする。

【0024】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第2の画像処理装置に加えて、前記ずれ検出手段と、前記信頼性算出手段とを備え、前記合成手段は、前記全ての補助画像に代わって、前記全ての補助画像のうちの前記信頼性が予め定める評価基準以上である補助画像と前記彩度が抑制された被処理画像とだけを合成する。これによって、検出されたずれの信頼性の低い補助画像が、合成対象の画像から除かれる。これは、前記合成手段が前記ずれを考慮して前記補助画像と前記被処理画像とを合成する場合に、検出された前記ずれが誤っているならば、誤った前記ずれと該ずれが検出された補助画像とを合成処理に用いると、前記合成画像の画質が劣化する可能性があるからである。ゆえに、全ての補助画像の中から、前記検出されたずれの信頼性の低い補助画像、すなわち、前記ずれに誤りがある可能性がある補助画像を除き、残余の画像だけを前記彩度が抑制された被処理画像と合成する。これによって、第6の画像処理装置は、前記ずれの検出誤りに起因して、前記合成画像の画質が劣化することを、防止することができる。

【0025】また第7の発明は、前記各補助画像と前記被処理画像とのずれをそれぞれ検出するずれ検出手段と、前記被処理画像と前記各補助画像とのずれを相殺するように、前記各補助画像をそれぞれ変形する変形手段をさらに含み、前記合成手段は、変形された前記全ての補助画像と、前記彩度が抑制された被処理画像とを、合成することを特徴とする。

【0026】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第2の画像処理装置に加えて、ずれ補正処理のために、前記ずれ検出手段と前記変形手段とを備える。前記合成手段は、前記彩度が抑制された被処理画像と前記全ての補助画像とを合成する代わりに、前記彩度が抑制された被処理画像と前記変形された全ての補助画像とを合成する。前記全ての補助画像を前記ずれを相殺するように変形することによって、前記補助画像それぞれの前記ずれが補正される。したがって、第7の画像処理装置は、たとえば任意の1つの補助画像と前記被処理画像とにいわゆる手ぶれに起因するずれがある場合でも、前記彩度が抑制された被処理画像の画質よりも、前記合成画像の画質を向上させることができる。

【0027】また第8の発明は、前記被処理画像内に3つ以上設定される領域内から、特徴点を1つずつ抽出する特徴点抽出手段をさらに含み、前記領域のうちの少なくとも3つの領域は、各領域に予め定められる基準点を頂点とする図形が正三角形になるように、配置され、前記ずれ検出手段は、複数の前記特徴点にそれぞれ対応する前記各補助画像内の複数の対応点を、前記各補助画像毎に個別に探索して、前記被処理画像内の全ての前記特徴点同士的位置関係と、前記各補助画像内の全ての前記

対応点同士の位置関係とに基づいて、前記被処理画像と前記各補助画像とのずれをそれぞれ求めることを特徴とする。

【0028】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第6または7の画像処理装置に加えて前記特徴点抽出手段をさらに備え、前記ずれ検出手段は、具体的には、前記特徴点を用いて、上述の手順でずれを検出する。前記特徴点は、前記被処理画像内に上述のように配置された前記複数の領域から1つずつ抽出されるので、全ての特徴点の位置関係が直線状になること、および前記特徴点が前記被処理画像の一部分に偏ることが、未然に防止される。したがって、第8の画像処理装置は、前記被処理画像および前記複数の補助画像が比較的照度が低い被写体を複数回撮影して得られる場合も、前記被処理画像と各補助画像とのずれを、確実に検出することができる。

【0029】また第9の発明は、前記被処理画像用輝度補正手段は、前記被処理画像の各画素の輝度と予め定める基準輝度との和をそれぞれ求め、前記和を前記関数に基づいてそれぞれ補正することを特徴とする。

【0030】本発明に従えば、前記画像処理装置の前記輝度補正手段は、上述の手順で被処理画像の各画素の輝度を補正する。これによって、前記輝度補正処理によって前記被処理画像に重畳されるランダムノイズが増幅されることを、未然に防止することができる。ゆえに、上述の輝度補正処理によって輝度が補正された被処理画像の各画素の彩度を、前記彩度抑制手段を用いて該各画素の輝度および彩度に応じた度合で抑制することによって、前記ランダムノイズを充分に除去することができる。したがって、第9の前記画像処理装置は、彩度が抑制された被処理画像の画質を、さらに向上させることができる。

【0031】また第10の発明は、前記被処理画像の各画素の抑制された彩度を、前記各画素の補正された輝度が高いほど、強調する彩度強調手段をさらに含むことを特徴とする。

【0032】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第1の画像処理装置に加えて、前記輝度補正手段の処理によって失われた各画素の彩度成分を補正するために、前記彩度強調手段をさらに備える。前記彩度強調手段は、各画素毎に、前記補正された輝度が高いほど、前記抑制された彩度を強調する。この結果、前記彩度抑制手段で抑制されたランダムノイズを増加させることなく、前記失われた各画素の彩度だけを補正することができる。したがって、各画素の彩度が強調された前記被処理画像の画質は、各画素の彩度が抑制された前記被処理画像の画質よりも良くなる。また、前記彩度強調手段は、前記各画素の彩度の強調の度合を、該各画素自体の前記補正された輝度に基づいて定めている。ゆえに、前記彩度の強調のための処理を、前記被処理画像の画素単位で行うことができる。これによって、第10の前記画像処理装置

は、前記被処理画像全体を一様に処理する画像処理装置と比較して、前記被処理画像の画質の改善を効率良く行うことができる。

【0033】また第11の発明は、各画素の彩度が抑制された前記被処理画像に先鋭化を施す先鋭化手段をさらに含み、前記先鋭化の度合は、前記彩度が抑制された被処理画像の中の、前記補正された輝度が高い画素がある部分ほど、強いことを特徴とする。

【0034】本発明に従えば、前記画像処理装置は、第1の画像処理装置に加えて、先鋭化手段をさらに備える。前記彩度が補正された被処理画像の中の、前記補正された輝度が高い画素を含む領域ほど、前記先鋭化手段の先鋭化の度合いが強い。この結果、第11の前記画像処理装置は、前記彩度抑制手段で抑制されたランダムノイズを増加させることなく、前記彩度が抑制された画像を先鋭化することができる。したがって、先鋭化が施された前記被処理画像の画質は、各画素の彩度が抑制された前記被処理画像の画質よりも良くなる。

【0035】また第12の発明は、複数の画素から構成されるカラーの被処理画像の画質を改善するための画像処理プログラムを記憶する媒体であって、前記画像処理プログラムは、前記被処理画像の各画素の輝度を、予め定める関数に基づいて、各画素毎にそれぞれ補正し、輝度が補正された前記被処理画像の各画素の彩度を、前記各画素の補正された輝度が低くかつ前記各画素の彩度が高いほど、それぞれ抑制することを特徴とする画像処理プログラムを記憶する媒体である。

【0036】本発明に従えば、前記媒体は、上述の画像処理プログラムを記憶する。ゆえに、前記画像処理プログラムを前記コンピュータにインストールし、前記コンピュータに前記画像処理プログラムを実行させると、前記コンピュータの中央演算処理回路が、第1の画像処理装置の輝度補正手段および彩度抑制手段として働く。この結果、前記コンピュータに与えられた被処理画像の画質が向上する。ゆえに、前記コンピュータを用いて、請求項1の画像処理装置を容易に実現することができる。

【0037】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の一形態である画像処理装置22を含む画像作成装置21の電気的構成を示すブロック図である。画像作成装置21は、画像処理装置22の他に、撮影装置23を含む。画像処理装置22は、通信部29と画質改善部31と記憶部30とを含む。撮影装置23は、光学処理部25と撮像素子26とアナログ／デジタル変換回路27と記憶部28とを含む。画像処理装置22と撮影装置23とは、接続ケーブル33を介して電気的に接続され、相互にデータや信号を送受することができる。接続ケーブル33は、たとえば画像処理装置22および撮影装置23にそれぞれ着脱可能であり、画像作成装置21の操作者によって着脱される。

【0038】画像処理装置22は、概略的には、単一の被写体がそれぞれ写っている複数の画像を処理対象の画像として、前記処理対象の複数の画像のうちの少なくとも1つの画像の画質を改善するための、画質改善処理を行う。画質が改善された前記少なくとも1つの画像を、以後、「出力画像」と称する。撮影装置23は、前記処理対象の複数の画像をそれぞれ表す複数の画像データ35を得るために、概略的には、被写体を複数回連続して撮影する。

【0039】前記単一の画像データは、複数の画素が行列状に配置されて構成される1枚のカラーの画像を表すデジタルデータであり、複数の画素に個別に対応する複数の画素データを含む。任意の1つの前記画素データは、対応する前記画素の色、すなわち輝度、彩度、および色相を表すためのものであり、画像の表色系に応じた1または複数の成分を含む。記憶部28、30は、一般的に、複数の画像データの集合を、一括して読書きすることが多い。以後、複数の画像データの集合を、「画像ファイル」と称する。

【0040】単一の画像データを得るための1回の撮影動作における、撮影装置23内部の部品25～28の概略的な動作は、以下のとおりである。被写体および該被写体の存在する空間からの光は、光学処理部25を介して、撮像素子の結像面上に結像される。光学処理部25は、前記光が該光学処理部25を通過する間に、前記光に予め定める光学的な処理を施す。撮像素子26は、前記光を光電変換して、画像を表す電気信号である画像信号を生成する。A/D変換回路27は、前記画像信号を量子化して、前記画像データを生成する。前記画像データは、撮影装置23の記憶部28に記憶される。以上の動作が、1回の撮影動作における部品25～28の動作である。

【0041】画像作成装置21の操作者は、撮影装置23に前記処理対象の複数の画像データ35を生成させるために、たとえば、撮影装置23のアングルを固定して、撮影装置23に備えられる操作部を複数回操作する。前記操作部は、上述の撮影動作の実行を指示するためのものであり、たとえばいわゆるシャッターボタンである。前記操作部が操作されるたびに、撮影装置23は上述の手順で被写体を撮影する。前記撮影動作が複数回行われる間、撮影装置23のアングル、すなわち撮影装置23と前記被写体との位置関係は、最初の撮影時の位置関係にほぼ保たれている必要がある。この結果、前記処理対象の複数の画像データ35が得られる。複数の画像データ35は、単一の画像ファイル36を構成する。

【0042】接続ケーブルによって撮影装置23と画像処理装置22とが接続された状態で、通信部29が動作すると、画像ファイル36は、撮影装置23の記憶部28から接続ケーブル33および通信部29を介して、画像処理装置22の記憶部30に与えられて記憶される。

画像ファイル36が画像処理装置22の記憶部30に与えられた後、該画像ファイル36は、撮影装置23の記憶部28に残っていても良く、残ってなくても良い。画像処理装置22の記憶部30は、画像ファイルを、複数記憶することができる。

【0043】前記操作者は、画像処理装置22の記憶部30内の全ての画像ファイルのうちから、いずれか1つの画像ファイルを選択して、該いずれか1つの画像ファイルを画像処理装置22に指定し、画質改善部31に、前記いずれか1つの画像ファイル内の複数の画像データに基づく前記画質改善処理を行わせる。前記画質改善処理の処理結果、すなわち、少なくとも1枚の出力画像を表す画像データは、単一の画像ファイル37を構成する。前記処理結果を示す前記画像ファイル37は、記憶部30に再び記憶される。前記処理結果を示す画像ファイル37を再生すると、前記画質改善処理の処理結果、すなわち、前記出力画像が得られる。

【0044】撮影装置23は、たとえば、いわゆる電子スチルカメラ、またはいわゆるビデオカメラで実現される。撮像素子26は、たとえば、いわゆるCCD素子、CCDイメージセンサで実現される。画像処理装置22の記憶部28は、たとえば、ハードディスク装置で実現される。撮影装置23の記憶部30は、たとえば、記録媒体として、光磁気ディスク、たとえばいわゆるミニディスクを用いる記憶装置によって、実現される。光学処理部27は、たとえば、レンズを含む。

【0045】また、撮影装置23は、アナログ/デジタル変換回路27と記憶部28との間に介在される画像圧縮部を、さらに含んでも良い。前記画像圧縮部は、アナログ/デジタル変換回路27から出力された前記画像データを、予め定める圧縮方式に基づいて圧縮し、圧縮された前記画像データを、記憶部28に記憶させる。前記圧縮方式は、たとえば、JPEG (Joint Photographic coding Expert Group) である。これによって、前記画像データのデータ量が、圧縮されていない画像データよりも低減するので、記憶部28に記憶される画像データの数を増加させることができる。さらにまた、撮影装置23は、内部の部品25～28を制御するための連続撮影制御部を予め備え、前記操作部が1回操作されることに応答して、前記連続撮影制御部が、内部の部品25～28に上述した手順の撮影動作を複数回繰返し実行させても良い。これによって、操作者が1回操作部を操作するだけで、前記画質改善処理に必要な複数の画像が得られる。したがって、撮影装置23の操作が簡単になるので、好ましい。

【0046】以下に、画質改善部31が行う画質改善処理を、具体的に説明する。画質改善部31内では、画像は常に画像データの形態で取扱われる。以後の説明では、画像データおよび画素データを、該各データがそれぞれ表す画像および画素に置き換えて説明し、画像デー

タを「画像」と称し、画素データを「画素」と称することがある。また、以後の説明では、記憶部30内の全ての画像ファイル36のうちの、操作者に指定されたいずれか1つの画像ファイル内の全ての画像データが、処理対象の複数の画像であると仮定する。前記処理対象の複数の画像は、撮影装置23と被写体との位置関係をほぼ保ったまま、撮影装置23が被写体を複数回撮影して得られたものである。

【0047】前記被写体のある空間の照度が比較的低い場合、前記処理対象の複数の画像それぞれには、いわゆるランダムノイズが重畳されている可能性がある。これは、一般的に、前記照度が低いほど、該被写体を撮影して得られる画像を構成する全ての画素の輝度がそれぞれ低くなり、画素データに電気的および光学的な雑音に影響し易くなるからである。前記雑音のうち、出現頻度や出現箇所を一義的に定めることが困難なランダムノイズは、たとえば、前記撮像素子に起因して発生するいわゆるCCDノイズを含む。以後、前記空間の照度が比較的低い場合に、該空間内の被写体を撮影して得られた画像を、「低照度画像」と称する。前記照度が比較的低い場合とは、たとえば、真っ暗な室内に、いわゆるルームライトが1つだけ点灯している場合であり、またたとえば、夜間、屋外で蛍光灯が1つまたは2つ点灯している場合である。

【0048】また、前記処理対象の複数の画像は、単一のシーンを撮影装置23によって連続して撮影して得られているので、相互に同じシーンが写っているはずだが、前記各画像内の前記被写体が写っている位置および写っている被写体の形状の少なくとも一方が、前記複数の画像間で相互にずれていることがある。上述のずれは、たとえば、前述した複数回の撮影が行われる間に、被写体が動いたり、撮影装置23がゆれたりしたために、生じる。前記撮影装置23の揺れは、たとえば、撮影装置23を操作者が手で保持する場合、いわゆる手ぶれによって生じる。

【0049】前記画質改善処理では、前記処理対象の複数の画像のうちのいずれか1枚を、前記画質改善処理によって画質が改善される被処理画像である参照画像1rとする。また、前記複数の画像のうちの参照画像1r以外の残余の少なくとも1枚の画像、すなわち残余のN枚の画像を、参照画像1rの画質の改善の参考にするための補助画像1q(1)~1q(N)とする。Nは、1以上の任意の自然数である。また、1以上N以下の任意の自然数をnと記載する。

【0050】また、処理対象の複数の画像1r, 1q(1)~1q(N)は、記憶部30から画質改善部31に与えられた時点では、それぞれ、いわゆるRGB表色系で表されているとする。画像1r, 1q(1)~1q(N)がRGB表色系で表される場合、任意の1つの前記画素データは、3色の色成分Rx, Gx, Bx、すな

わちいわゆるR成分とG成分とB成分とを含む。各色成分は、赤、緑、青の光の輝度を、それぞれ示す。以後の説明では、各色成分Rx, Gx, Bxは、前記各輝度を表す数値、すなわち画素値を示すものとする。3色の色の組合わせは、赤、緑、および青に限らず、混合して白または黒になる複数の色の組合わせであれば、他の組合わせでもよい。

【0051】図2は、画質改善部31の具体的な機能的構成を示すブロック図である。画質改善部31は、参照用前処理部41、特徴点抽出部42、対応点探索部43(1)~43(N)、変形部44(1)~44(N)、補助用前処理部45(1)~45(N)、複数枚合成部46、および後処理部47を含む。参照用前処理部41は、輝度補正部51と色ノイズ除去部52とを含む。補助用前処理部43(1)~43(N)は、それぞれ、輝度補正部53(1)~53(N)と、色ノイズ除去部54(1)~54(N)とを含む。後処理部47は、彩度強調部55と先鋭化部56とを含む。対応点探索部43(1)~43(N)と、変形部44(1)~44(N)と、補助用前処理部45(1)~45(N)とは、それぞれ、前記処理対象の全ての画像の数N+1よりも1つ少ない数Nだけ、すなわち補助画像1q(1)~1q(N)と同じ数だけある。参照画像1rは、参照用前処理部41の輝度補正部51と、特徴点抽出部42と、全ての対応点探索部43(1)~43(N)とに与えられる。各補助画像1q(1)~1q(N)は、各対応点探索部43(1)~43(N)と、各変形部44(1)~44(N)とに、それぞれ与えられる。

【0052】任意の1つの対応点探索部43(n)と任意の1つの変形部44(n)と任意の1つの補助用前処理部45(n)とが、任意の1つの補助画像1q(n)に処理を施すために用いられる。以後の説明では、画質改善部31内の、参照用の沿え字nの値が相互に等しいいずれか1つの部43(n), 44(n), 45(n)を含む部分が、参照用の沿え字(n)の等しいいずれか1つの補助画像1q(n)に対する処理に用いられるものとする。前記部分を、「補助処理部48(n)」と称する。各補助処理部48(1)~48(N)およびその内部の部の動作は、全ての補助画像1q(1)~1q(N)のうちのどれが処理対象であるかだけが異なり、他は相互に等しい。ゆえに、以後の説明では、各対応点探索部43(1)~43(N)と、各変形部44(1)~44(N)と、各補助用前処理部45(1)~45(N)とのそれぞれの動作を、いずれか1つの補助処理部48(n)内の対応点探索部43(n)と変形部44(n)と参照用前処理部45(n)とを例として、説明する。

【0053】参照用前処理部41は、参照画像1rに、予め定める前処理を施す。前記前処理には、参照画像1r全体の輝度を向上させるための輝度補正処理と、輝度

が補正された参照画像 I_r^* から色ノイズを除去するための色ノイズ除去処理とが含まれる。すなわち、まず参照用前処理部 41 の輝度補正部 51 が、輝度補正処理として、予め定める関数に基づいて、参照画像 I_r の各画素の輝度を、画素毎に補正する。次いで、参照用前処理部 41 の色ノイズ除去部 52 は、色ノイズ除去処理として、輝度補正部 41 で画素の輝度が補正された参照画像 I_r^* 内のランダムノイズを抑制するために、該参照画像 I_r^* 中の各画素の彩度を、それぞれ抑制する。任意の 1 つの画素の彩度の抑制の度合は、該画素自体の輝度が低いほど、かつ該画素自体の彩度が高いほど、大きい。前記ランダムノイズは、画像の色ノイズの原因の 1 つであり、後述するように、輝度補正部 51 が輝度補正処理を参照画像 I_r に施したこと起因して、増幅される。この結果、参照画像 I_r に前記前処理が施される。前記前処理が施された参照画像 I_r は、色ノイズ除去部 52 から合成部 46 に与えられる。

【0054】特徴点抽出部 42 は、参照画像 I_r 内から、複数の特徴点 $pa1 \sim paM$ を抽出して、参照画像 I_r 内での複数の特徴点 $pa1 \sim paM$ の参照画像 I_r 内の座標を、全ての対応点探索部 43 (1) ~ 43

(N) にそれぞれ与える。特徴点 $pa1 \sim paM$ は、参照画像 I_r と補助画像 $I_q(n)$ とのずれを検出するための基準として用いられる。本実施形態では、特徴点の数 M は 3 点であると仮定する。特徴点 $pa1 \sim paM$ は、それぞれ、参照画像 I_r 中の、輝度が低い画素を多く含む低輝度領域以外の残余の領域内の点であることが好ましい。

【0055】いずれか 1 つの対応点探索部 43 (n) は、まず、単一の補助画像 $I_q(n)$ 内から、複数の特徴点 $pa1 \sim paM$ に個別に対応する複数の対応点 $pb1 \sim pbM$ を、探索する。次いで前記対応点探索部 43 (n) は、参照画像 I_r 内の複数の特徴点 $pa1 \sim paM$ 同士的位置関係と、前記補助画像 $I_q(n)$ 内の複数の対応点 $pb1 \sim pbM$ 同士的位置関係とに基づいて、参照画像 I_r と前記単一の補助画像 $I_q(n)$ とのずれを求める。前記ずれを表すずれ情報は、前記対応点探索部 43 からいずれか 1 つの変形部 44 (n) に、与えられる。

【0056】前記変形部 44 (n) は、前記ずれ情報に基づいて、参照画像 I_r と前記補助画像 $I_q(n)$ との前記ずれを相殺するために、前記補助画像 $I_q(n)$ を変形する。変形された前記補助画像 $I_q(n)$ は、いずれか 1 つの補助用前処理部 45 (n) の輝度補正部 53 (n) に与えられる。前記補助用前処理部 45 (n) は、変形された前記補助画像 $I_q(n)$ に、参照用前処理部 41 で行われたものと同じ前処理を施す。すなわち、まず輝度補正部 53 (n) は、参照用前処理部 41 の輝度補正部 51 と同じ手法で、変形された前記補助画像 $I_q(n)$ の各画素の輝度を、画素単位で補正する。

前記補助用前処理部 45 (n) 内の色ノイズ除去部 54 (n) は、参照用前処理部 41 の色ノイズ除去部 52 と同じ手法で、前記輝度補正部 53 (n) で画素の輝度が補正された補助画像 $I_q(n)$ から、色ノイズを除去する。この結果、前記変形された補助画像 $I_q(n)$ に、前記前処理が施される。前記前処理が施された補助画像 $I_q(n)$ は、色ノイズ除去部 54 (n) から合成部 46 に与えられる。

【0057】合成部 46 は、前記前処理が施された参照画像 I_r および前記前処理が施された全ての補助画像 $I_q(1) \sim I_q(N)$ を合成して、1 枚の合成画像 I_s を生成する。後処理部 47 は、合成画像 I_s の画質を向上させるための後処理を、合成画像 I_s に施す。前記後処理は、前記輝度補正処理や前記色ノイズ除去処理に起因して失われた彩度を補償するための彩度強調処理と、合成画像 I_s 内に写る被写体の像の輪郭のぼけを回復させるための先鋭化処理とを、含む。すなわち、まず彩度強調部 55 は、彩度強調処理として、参照画像 I_r の各画素の輝度および彩度を参照して、合成画像 I_s の各画素の彩度を、該各画素の輝度が大きいほど強調する。次いで、先鋭化部 56 は、先鋭化処理として、各画素の彩度が強調された合成画像 I_s を先鋭化する。これによって、先鋭化部 56 から、画質改善処理の処理結果である 1 枚の出力画像 I_o が、出力される。

【0058】図 3 は、参照用前処理部 41 の輝度補正部 51 の具体的な機能的構成を説明するブロック図である。輝度補正部 51 は、単一の画素データの色成分の数と同数の加算部 61 (1) ~ 61 (3) および輝度変換部 62 (1) ~ 62 (3) と、単一のテーブル記憶部 63 とを含む。輝度補正部 51 は、いわゆるガンマ補正を行う。このために、前記関数の特性、すなわち、画素データの輝度変換前の各色成分 R_x, G_x, B_x の画素値と、画素データの輝度変換後の各色成分の R_y, G_y, B_y の画素値 X との対応関係を表す輝度補正ルックアップテーブルが、テーブル記憶部 63 に記憶される。

【0059】図 4 は、前記輝度補正ルックアップテーブルの特性曲線 64 を示すグラフである。図 4 のグラフの横軸は、輝度変換前の各色成分 R_x, G_x, B_x の画素値 x を示し、縦軸は輝度変換後の各色成分 R_y, G_y, B_y の画素値 X を示す。輝度補正部 64 がガンマ補正を行うので、特性曲線 64 はいわゆる一般的なガンマ曲線になっている。すなわち、輝度変換前の画素値 x が小さいほど、画素値 x の増幅率が大い。ゆえに、輝度変換前の画素値 x が小さいほど、前記輝度変換前の画素値 x と該画素値 x の輝度変換後の画素値 $X(x)$ との差が大い。

【0060】再び図 3 を参照する。参照画像 I_r の全ての画素データは、1 つずつ、輝度補正部 51 に与えられる。全ての画素データのうちのいずれか 1 つの画素データが与えられた時点の輝度補正部 51 の動作は、以下の

とおりである。各加算部61(1)~61(3)は、前記画素データの各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x と予め定める基準補正值 α とを加算して、前記各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x と基準補正值 α との和 $R_x + \alpha$ 、 $G_x + \alpha$ 、 $B_x + \alpha$ を、各輝度変換部62(1)~62(3)にそれぞれ与える。基準補正值 α は、前記色成分と比較して十分に小さい予め定める定数であり、たとえば、色成分の最大値が255である場合に、3~5程度である。各輝度変換部62(1)~62(3)は、前記輝度補正ルックアップテーブルに基づいて、和 $R_x + \alpha$ 、 $G_x + \alpha$ 、 $B_x + \alpha$ をそれぞれ輝度変換して、前記輝度変換後の各色成分 R_y 、 G_y 、 B_y を得る。前記輝度変換後の3つの色成分 R_y 、 G_y 、 B_y が、輝度補正後の画素データに含まれる。以上が、前記時点の輝度補正部51の動作である。

【0061】輝度補正部51は、参照画像1rを表す画素データ内の画素データが1つ与えられるたびに、上述の動作を繰返す。この結果、参照画像1rの全ての画素に個別に対応する前記輝度補正後の画素データ内の前記色成分 R_y 、 G_y 、 B_y が、輝度補正部51から順次出力される。全ての前記輝度補正後の画素データの集合が、輝度が補正された参照画像1r*を表す画素データに相当する。

【0062】輝度補正部51が、基準補正值 α を輝度変換前の色成分 R_x 、 G_x 、 B_x に加算してから、輝度変換を行うのは、以下の理由からである。一般的に、撮影装置23によって得られる画像は、輝度の低い画素の色成分ほど、ランダムノイズ等の雑音の影響を強く受ける。ゆえに、前記画像が前記低照度画像である場合、該画像の画素の色成分の S/N 比は、前記低照度画像以外の他の画像の画素の色成分の S/N 比よりも悪い。また、一般的なガンマ補正処理では、処理対象の画像の各画素の輝度変換前の色成分 R_x 、 G_x 、 B_x を、そのまま、テーブル記憶部63内の前記輝度補正ルックアップテーブルを参照して輝度変換しているので、輝度の低い画素の色成分ほど増幅率が大い。これらのことから、前記一般的なガンマ補正処理に基づいて前記輝度の低い画素の色成分を増幅した場合、前記ランダムノイズも増幅してしまう。その結果、前記一般的なガンマ補正処理後の前記画像内の低輝度部分に、目障りなノイズが発生する。前記低輝度部分とは、前記ランダムノイズの影響を受け易い画素を多く含む領域、すなわち、予め定める基準輝度よりも輝度の低い画素を多く含む領域である。これによって、前記一般的なガンマ補正処理によって、前記画像全体の画質が大きく損なわれる。

【0063】上述した画質の劣化に対する対策として、画像処理装置22の輝度補正部51は、一般的なガンマ補正処理を行う前に、各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x に予め定めるわずかな値、すなわち基準補正值 α を加算してから、上記輝度補正処理を行う。一般的に、前記低照度画

像内の前記ランダムノイズは、非常にレベルの低い高彩度画素値として現れる。すなわち、前記低照度画像内の画素は、画素の輝度が低いほど前記ランダムノイズの影響を強く受け、かつ、前記ランダムノイズの影響を受けた画素は、影響を受ける前の本来の彩度よりも、彩度が高くなる。前記輝度補正処理を行う前に、基準補正值 α を輝度変換前の各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x に加算すると、各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x がかさ上げされることになる。

【0064】図4に示すように、加算前の画素値 x と該画素値 x の輝度変換後の画素値 $X(x)$ との比と、加算後の画素値 $x + \alpha$ と該画素値の輝度変換後の画素値 $X(x + \alpha)$ との比とを比較すると、前者の画素値 x よりも後者の画素値 $x + \alpha$ のほうが増幅率が小さいので、前者の比よりも後者の比のほうが小さくなる。これによって、輝度変換前の色成分 R_x 、 G_x 、 B_x の画素値が低いほど、基準補正值 α の加算に起因する彩度抑制の効果が強く現れる。したがって、前記輝度補正処理を行う前に基準補正值 α を各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x の画素値に加算することによって、画像内の低輝度領域に発生するランダムノイズを、抑制することができるのである。

【0065】輝度補正部51は、図4の特性曲線64で示す特性の輝度補正ルックアップテーブルの代わりに、図5の特性曲線65で示す特性の輝度補正ルックアップテーブルを備えてもよい。特性曲線65は、特性曲線64を、画素値 x が減少する方向、すなわち紙面の左方向に、基準補正值 α だけ平行移動させたものに相当する。ゆえに、図5の特性曲線65の形状は、いわゆる一般的なガンマ曲線と等しく、かつ、輝度変換前の画素値 x に、図4の特性曲線64において画素値 x と基準補正值 α との和 $x + \alpha$ に対応する輝度変換後の画素値 $X(x + \alpha)$ が対応する。

【0066】図5の特性曲線65が示す特性の輝度補正ルックアップテーブルをテーブル記憶部63に記憶する場合、輝度補正部51は、前記輝度補正ルックアップテーブルを参照して、輝度変換前の各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x をそのまま輝度変換する。この結果、画素値 x と基準補正值 α との和 $x + \alpha$ に対応する輝度変換後の画素値 $X(x + \alpha)$ を得ることができる。したがって、輝度補正処理に図5の輝度補正ルックアップテーブルを用いる場合、輝度変換前の各色成分 R_x 、 G_x 、 B_x に基準補正值 α を加算する手間を省くことができる。またこの場合、輝度補正部51から全ての加算部61(1)~61(3)を除くことができるので、輝度補正部51の構成が簡略化される。さらに、前記場合、輝度補正部51は、一般的なガンマ補正を行う輝度補正部と比較して、輝度補正ルックアップテーブルだけを書換えればよいので、実現が容易になる。

【0067】上述したように、各色成分の画素値 R_x 、 G_x 、 B_x に基準補正值 α を加算して輝度変換するだけ

では、前記ランダムノイズを完全に抑制することは困難である。ゆえに、色ノイズ除去部52、54(1)～54(N)、および、合成部46を用いて、さらにランダムノイズを抑制するのである。

【0068】また、前記輝度補正処理は、基準補正值 α を加算してからガンマ補正を行うことに限らず、基準補正值 α を加算してからガンマ補正以外の他の輝度補正処理を行っても良い。前記他の輝度補正処理とは、たとえば、表示装置の階調特性に応じたいわゆる階調補正処理である。さらに、前記輝度補正処理は、前記基準補正值 α を加算せずに、一般的な輝度補正処理、たとえばガンマ補正や階調補正処理だけを行っても良い。

【0069】以下に、色ノイズ除去部52が行う色ノイズ除去処理を、具体的に説明する。色ノイズ除去部52は、輝度が補正された参照画像1r*内のランダムノイズを抑制するために、該参照画像1r*の中の各画素の彩度を、該各画素自体の輝度が低いほど、かつ該各画素自体の彩度が高いほど、抑制させる。これは、以下の理由からである。

【0070】前記ランダムノイズの主要原因である前記CCDノイズは、画像内の前記低輝度領域に発生する。前記CCDノイズは、前記低輝度領域内の画素の色成分を偏らせる傾向を示す。すなわち前記CCDノイズが重畳された画素は、該画素の画素データに含まれる全ての色成分のうちのいずれか1つまたはいずれか2つの色成分の画素値は0よりも充分大きい、前記全ての色成分のうちの残余の色成分の画素値は0に近いになる傾向がある。さらに、前記CCDノイズが前記全ての色成分のうちの一部の色成分にだけ重畳されるため、前記全ての色成分の構成、すなわち前記全ての色成分の相対的な比率が偏ることがある。また、CCDノイズが重畳されたことによって、前記全ての色成分から構成される画素データが示す本来の情報が破壊されることがあり、この場合も前記全ての色成分の構成が偏る。すなわち、前記ランダムノイズは、いわゆる色ノイズになっている。

【0071】前記全ての色成分の構成が偏る場合、該全ての色成分を含む画素データが示す画素の彩度は、前記構成が偏っていない画素データと比較して、極端に大きくなる。このような理由によって彩度が大きくなった画素が、画像内に局所的に存在することが、前記ランダムノイズを目立たせる原因となっている。したがって、前記ランダムノイズの発生しがちな前記低輝度領域内の画素のうち、彩度が高い画素の彩度を低減させることによって、前記ランダムノイズだけを選択的に抑制することができるのである。

【0072】色ノイズ除去処理の具体的な手法として、画素データの表色系をRGB表色系からHSV表色系に変換してから該画素データの彩度成分Sだけを抑制する

第1の手法と、画素データの各色成分Ry、Gy、Byを直接抑制する第2の手法とがある。まず、第1の手法を説明する。

【0073】図6は、参照用前処理部41の、第1の手法を用いる色ノイズ除去部52の具体的な電氣的構成を示すブロック図である。色ノイズ除去部52は、第1および第2表色系変換器66、68と彩度抑制部67とを含む。輝度が補正された参照画像1r*を示す画素データ内の全ての画素データは、1つずつ、色ノイズ除去部52に与えられる。全ての画素データのうちのいずれか1つの画素データが与えられた時点の色ノイズ除去部52の動作は、以下のとおりである。

【0074】まず、第1表色系変換器66は、前記いずれか1つの画素データの表色系を、RGB表色系から、いわゆるHSV表色系に変換する。前記画素データがHSV表色系で表される場合、前記画素データは、色相を示す色相成分Hと、彩度を示す彩度成分Sと、輝度を示す輝度成分Vとを含む。以後の説明では、上述の各成分H、S、Vは、色相、彩度、および輝度の大きさをそれぞれ表す数値、すなわち画素値を示すと仮定する。この結果、前記画素データ内の3つの色成分Ry、Gy、Byが、色相成分H、彩度成分S、および輝度成分Vに変換される。また、この変換の際に、彩度成分Sと輝度成分Vとは、それぞれ0以上1以下の範囲で正規化されている。正規化された輝度および彩度成分V、Sが示す画素値は、それぞれ、0以上1以下の範囲内の実数になる。色相成分Hと輝度成分Vとは、第2表色系変換器68に与えられる。彩度成分Sと輝度成分Vとは、彩度抑制部67に与えられる。

【0075】彩度抑制部67は、概略的には、第1表色系変換器66からの彩度成分Sと輝度成分Vとに基づいて、輝度成分Vが低いほど、かつ彩度成分Sが高いほど、該彩度成分Sを抑制する。この結果、抑制された彩度成分S*が得られる。

【0076】具体的には、彩度抑制部67は、まず、輝度および彩度成分V、Sを用い、式1および式2に示す輝度および彩度の評価関数に基づいて、輝度評価係数kiおよび彩度評価係数ksをそれぞれ求める。以下の式において、「I」は正規化された輝度成分Vである。

「S」は正規化された彩度成分Sである。「Pi」および「Ps」は、前記輝度および彩度の評価関数の変化の度合を決めるための変化係数である。「It」および「St」は、前記輝度および彩度の評価関数の閾値である。各変化係数Pi、Psは、たとえばそれぞれ0.5である。輝度の評価関数の閾値Itは、たとえば0.1であり、彩度の評価関数の閾値Stは、たとえば0.9である。

【0077】

$$k_i = 1 - 1 \div (1 + \exp(-P_i \times (I - I_t))) \quad \dots (1)$$

$$k_s = 1 \div (1 + \exp(-P_s \times (S - S_t))) \quad \dots (2)$$

図7は、正規化された輝度成分Vと輝度評価係数 k_i との関係を表す特性曲線69を示すグラフである。図7では、輝度の評価関数の閾値 l_t が、ほぼ0.5であると仮定する。輝度評価係数 k_i は0以上1以下の範囲内の実数であり、0以上1以下の範囲内で輝度成分Vが大きいほど、輝度評価係数 k_i は小さい。輝度評価係数 k_i の変化率、すなわち輝度評価係数 k_i の特性曲線69の傾きは、常に負である。さらに、前記変化率の絶対値は、輝度成分Vが0以上閾値 l_t 未満の第1輝度範囲WV1内の値である場合、輝度成分Vが大きいほど大きく、輝度成分Vが閾値 l_t 以上1以下の第2輝度範囲WV2内の値である場合、輝度成分Vが大きいほど小さい。

【0078】図8は、正規化された彩度成分Sと彩度評価係数 k_s との関係を示す特性曲線70を示すグラフである。図8では、彩度の評価関数の閾値 S_t が、ほぼ0.5であると仮定する。彩度評価係数 k_s は0以上1以下の実数であり、0以上1以下の範囲内で彩度成分Sが大きいほど、彩度評価係数 k_s は大きい。彩度評価係数 k_s の変化率、すなわち彩度評価係数 k_s の特性曲線70の傾きは、常に正である。さらに、前記変化率の絶

$$k = k_i \times k_s$$

$$S^* = S \div (k + \lambda)$$

彩度成分Sの変換に画素評価係数 k が用いられているので、彩度成分Sの抑制の度合に、輝度成分Vおよび彩度成分Sとの評価が反映される。すなわち、彩度抑制前の画素データの輝度成分Vが低いほど、かつ、該画素データの彩度成分Sが大きいほど、画素評価係数 k が大きくなるので、彩度成分Sの増幅率が小さくなるため、彩度成分Sの抑制の度合が大きくなる。色相成分H、抑制された彩度成分 S^* 、および輝度成分Vは、彩度抑制後の画素データがHSV表色系で表される場合の、該画素データに含まれる。第2表色系変換器69は、彩度抑制後の画素データの表色系を、HSV表色系からRGB表色系に変換する。この結果、色相成分H、抑制された彩度成分 S^* 、および輝度成分Vが、彩度抑制後の画素データの3つの色成分 R_z, G_z, B_z に変換される。以上が、前記時点の色ノイズ除去部52の動作である。

【0081】色ノイズ除去部52は、輝度補正後の参照画像 I_r^* を表す画像データ内の画素データが1つ与えられるたびに、上述の動作を繰返す。この結果、前記参照画像 I_r^* の全ての画素に個別に対応する彩度抑制後の画素データの色成分 R_z, G_z, B_z が、色ノイズ除去部52から順次出力される。全ての前記彩度抑制後の画素データの集合が、前記前処理が施された参照画像 I_r^* を表す画像データに相当する。以上で第1の手法を用いた色ノイズ除去処理の説明を終了する。

【0082】次いで、色ノイズ除去処理の前記第2の手法を、以下に説明する。輝度が補正された参照画像 I_r

対値は、彩度成分Sが0以上閾値 S_t 未満の第1彩度範囲WS1内の値である場合、彩度成分Sが大きいほど大きく、彩度成分Sが閾値 S_t 以上1以下の第2彩度範囲WS2内の値である場合、彩度成分Sが大きいほど小さい。

【0079】再び図6を参照する。続いて彩度抑制部67は、式3に示すように、輝度評価係数 k_i と彩度評価係数 k_s との積を、画素の低輝度かつ高彩度の度合を評価するための画素評価係数 k として、求める。この結果、画素評価係数 k は、輝度成分Vが高いほど、かつ彩度成分Sが低いほど、大きくなる。最後に、彩度抑制部67は、画素評価係数 k を用い、式4に基づいて、表色系変換器66から与えられた彩度成分Sを変換する。以下の式で、「 λ 」は、画素評価係数 k と比較して十分に小さい予め定める定数であり、式4の分母が特異、すなわち0になることを防止するために、画素評価係数 k に加算される。定数 λ は、式5に示すように0以上1以下の実数であり、かつ、0に極めて近い。前記変換の結果得られる抑制された彩度 S^* は、彩度抑制部67から第2表色系変換器68に与えられる。

$$k = k_i \times k_s \quad \dots (3)$$

$$S^* = S \div (k + \lambda) \quad \dots (4)$$

$$0 < \lambda < 1 \quad \dots (5)$$

*を示す画像データ内の全ての画素データは、1つずつ、色ノイズ除去部52に与えられる。第2の手法を用いる色ノイズ除去部52は、概略的には、ランダムノイズを抑制するために、前記画素データが1つ与えられるたびに、該画素データ R_y, G_y, B_y の3つの色成分の平均値 a_{c1} をそれぞれ求め、該画素データの輝度成分が低くかつ該画素データの彩度成分が高いほど、前記3つの色成分 R_y, G_y, B_y を色成分の平均値 a_{c1} に近い値にそれぞれ置換える。前記全ての画素データのうちのいずれ1つの画素データが与えられた時点の色ノイズ除去部52の動作は、以下のとおりである。

【0083】まず、色ノイズ除去部52は、前記いずれか1つの画素データの表色系を、RGB表色系から、いわゆるHSV表色系に変換し、さらに、HSV表色系の画素データの彩度および輝度成分S、Vを、0以上1以下の範囲で正規化する。次いで、式1、2に基づいて、輝度および彩度評価係数 k_i, k_s を求め、さらに式3に基づいて、画素評価係数 k を求める。次いで、式6に基づいて、表色系の変換前の前記いずれか1つの画素データの3つの色成分 R_y, G_y, B_y の平均値 a_{c1} を求める。最後に、画素評価係数 k と色成分の平均値 a_{c1} を用い、式7～式9に基づいて、彩度抑制後の画素データの3つの色成分 R_z, G_z, B_z をそれぞれ求める。この結果、彩度抑制後の画素データの各色成分 R_z, G_z, B_z は、画素評価係数 k が大きいほど、すなわち前記彩度抑制前の画素データの輝度成分Vが低くか

つ該画素データの彩度成分Sが高いほど、色成分の平均値acにそれぞれ近づく。

【0084】

$$k_i = 1 - 1 \times (1 + \exp(-P_i \times (1 - I_t))) \quad \dots (1)$$

$$k_s = 1 \times (1 + \exp(-P_s \times (S - S_t))) \quad \dots (2)$$

$$k = k_i \times k_s \quad \dots (3)$$

$$a_c = (R_y + G_y + B_y) \div 3 \quad \dots (6)$$

$$R_z = k \times (a_c 1 - R_y) + R_y \quad \dots (7)$$

$$G_z = k \times (a_c 1 - G_y) + G_y \quad \dots (8)$$

$$B_z = k \times (a_c 1 - B_y) + B_y \quad \dots (9)$$

第2の手法のように、彩度抑制後の3つの色成分Rz, Gz, Bzを、色成分の平均値acを用いて彩度補正前の3つの色成分Ry, Gy, Byを直接変換して求める場合、第1の手法よりも、計算量を減少させることができる。これは、以下の理由からである。一般的に、デジタルデータ化された画像、すなわち画像データは、撮像装置23および画像処理装置22の記憶部28, 30に保存される際に、RGB表色系を用いていることが多い。ゆえに、色ノイズ処理部52から出力される画像データの表色系も、RGB表色系にしておく必要がある。ゆえに、前記第1の手法では、彩度抑制処理後に表色系の変換を行う必要があるが、第2の手法では表色系の変換を行う必要がない。ゆえに、第1の手法よりも第2の手法のほうが、計算量上有利となるのである。以上で第2の手法を用いる色ノイズ除去処理の説明を終了する。

【0085】第1および第2の手法のどちらにおいても、画素評価係数kは、前記ランダムノイズの分布しやすい画素データほど、すなわち輝度が低かつ彩度が高い画素の画素データほど、1に近づくように定義される。また、画素評価係数kが1に近づくほど、彩度抑制後の色成分Rz, Gz, Bzは、色成分の平均値ac 1

$$\text{輝度成分} V = Y \quad \dots (10)$$

$$\text{彩度成分} S = \sqrt{(U_c^2 + S_c^2)} \quad \dots (11)$$

また、上述したように、輝度が補正された参照画像lr*の各画素の彩度の抑制の度合を、画素評価係数kが大きくなるのに伴って連続的に大きくする代わりに、画素の輝度成分Vが予め定める輝度の閾値以上であり、かつ該画素の彩度成分Sが予め定める彩度の閾値未満であるかどうかを、前記参照画像lr*の各画素毎にそれぞれ調べ、輝度成分Vが前記輝度の閾値以上であり彩度成分Sが前記彩度の閾値未満である画素の彩度だけを、抑制するようにしてもよい。以上で、色ノイズ除去部52の説明を終了する。

【0088】以下に、特徴点抽出部42が行う特徴点の探索処理を、図9を用いて、詳細に説明する。参照画像lrおよび補助画像lq(1)~lq(N)が前記低照度画像である場合、各画像lr, lq(1)~lq(N)内に、対応点の探索処理に十分な特徴点情報を持つ画素が該各画像全面に分布することは少なく、前記特徴点情報をもつ画素は該各画像内の一部分に偏在していると考えられる。特徴点情報とは、後述する対応点探索

に近づく。これによって、第1および第2の手法のどちらも用いても、各色成分Ry, Gy, By内の前記ランダムノイズの成分が白色化され、彩度が抑制されるので、ランダムノイズが除去された後の参照画像lrは、前記ランダムノイズが目立ちにくくなっている。

【0086】第1および第2手法を用いた色ノイズ除去部52の説明では、輝度が補正された画像の画素データの表色系が、RGB表色系であるとしているが、該表色系は他の表色系でもよい。たとえば、前記表色系がYUS表色系である場合、画素データは、輝度成分Yと2種類の色差成分Uc, Scとを含む。この場合、色ノイズ除去部52は、最初に、式10に示すように輝度成分Vとして上記輝度成分Yをそのまま用い、かつ彩度成分Sを、式11に示すように求めてもよい。また、この場合に色ノイズ除去部52が第1の手法を用いる場合、第2表色系変換器68は、抑制された彩度成分S*を式11の逆関数を用いて2種類の彩度成分に変換し、さらに前記輝度成分Yを加えて、YUS表色系に変換すればよい。

【0087】

のためのマッチング処理に必要なテキストを定めるための情報である。したがって、特徴点抽出部42は、各補助画像lq(1)~lq(N)上の対応点の探索処理に、最も適している参照画像lr内の画素を、特徴点pa1~paMとして抽出する必要がある。

【0089】このため、特徴点抽出部42は、以下の手順で特徴点pa1~paMを抽出する。以下の説明では、特徴点の数Mを3と仮定する。まず、特徴点抽出部42は、参照画像lr内に、特徴点の数Mと同じ数の特徴点探索領域81~83を、図9に示す配置で設定する。図9は、参照画像lr内の特徴点探索領域81~83の配置状態を示す模式図である。各特徴点探索領域81~83は、参照画像lrよりも小さい。また、特徴点探索領域81~83は、相互に予め定める適当な距離だけ離れ、かつ、各特徴点探索領域81~83の基準点を頂点とする仮想の図形がほぼ正三角形になるように、配置される。前記適当な距離とは、たとえば、参照画像lrの幅の20%~30%である。次いで、特徴点抽出部

42は、各特徴点探索領域81~83内からそれぞれ、特徴点を1つずつ探索する。この結果、3つの特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ が得られる。

【0090】いずれか1つの特徴点探索領域内から、単一の特徴点を抽出する手法を、以下に説明する。本実施形態では、特徴点抽出部42は、まず、いずれか1つの特徴点抽出領域内の全ての画素それぞれについて、式12に示す特徴点情報の分散値 k_p を求める。具体的に、いずれか1つの画素の分散値 k_p は、前記いずれか

$$k_p = \sum_i |y_i - y| \div N$$

前述の輝度値 y とは、画素の輝度を示す数値であり、該画素のRGB表色系で示される画素データの3つの色成分R, G, Bから経験的に導かれる。前記輝度値と、前述するHSV表色系で示される画素データの輝度成分Vとは、3つの色成分に基づく算出手法が異なる。式13

$$y = 0.3R + 0.6G + 0.1B$$

特徴点探索領域81~83を図9のように配置して特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ を探索するのは、以下の理由からである。全ての特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ が、互いに極めて近くに位置している場合、または全ての特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ がほぼ1本の直線状に並ぶ場合、後述の変形部44

(n)で行われるずれ補正のための変形処理の補正誤差が大きくなる可能性がある。ゆえに、全ての特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ は、参照画像内に、前記適当な距離に近い距離だけ相互に離れ、かつ、直線状に並ばないように、点在していることが好ましい。ここで、図9に示すように特徴点探索領域81~83を配置して各特徴点探索領域内から1つずつ特徴点を抽出すると、特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ が、互いに前記適当な距離に近い距離だけ離れ、かつ該特徴点 $p_{a1} \sim p_{a3}$ を頂点とする仮想図形は、正三角形に近い形になる。またこれによって、後述の対応点探索部43(n)において、補助画像 $l_q(n)$ が特徴的な情報の少ない低照度画像である場合も、対応点 $p_{b1} \sim p_{b3}$ を容易に見つけ出すことができる。これらのことから、ずれ補正処理を安定して行うことができる。すなわち、前記変形処理の精度を向上することができる。またこれによって、特徴点および対応点の探索に要する時間も短縮することができる。

【0093】上記特徴点は、3点に限らず、4点以上抽出してもよい。この場合、さらに、抽出された4点のうちから3点を選別して、選別された3点の特徴点だけを全ての対応点探索部43(1)~43(N)に与えてもよく、抽出された特徴点全てを用い最小2乗法を併用し

$$C_t = \sum_{i,j} |y_i - y_j|$$

いずれか1つの対応点探索部43(n)は、処理画像 $l_q(n)$ 内の全ての画素のうちで、前記相関値 C_t が相関値 C_t が最小となるいずれか1つの画素を、前記探索点 p_{am} の対応点 p_{bm} とする。このために、いずれか1つの対応点探索部43(n)は、具体的には、前記相関値 C_t が最大である画素がマッチングが最大の画素

1つの画素および該画素の近傍画素それぞれの輝度値 y_i と、前記いずれか1つの画素および該画素の近傍画素の輝度値の平均値 a_y との差の絶対値 $|y_i - a_y|$ の総和 $\sum |y_i - a_y|$ を、前記いずれか1つの画素および前記近傍画素の数Nで除算した値である。次いで、特徴点抽出部42は、前記全ての画素の分散値 k_p を相互に比較して、最も分散値 k_p が大きい画素を、特徴点とする。

【0091】

... (12)

は、輝度値 y の定義式である。以下の式で、「R」、「G」、「B」は、輝度値を定義すべき画素の赤、青および緑の色成分である。

【0092】

... (13)

て以後の処理を行ってもよい。さらにまた、特徴点は、上述の特徴点情報の分散値 k_p を用いる手法以外の手法を用いてもよい。また、特徴点探索領域81~83は、常に、参照画像 l_r 内の予め定める位置に設定してもよく、特徴点探索部42が参照画像 l_r 内の前記特徴点情報を含む画素が多い部分を求めて、該部分を特徴点探索領域としてもよい。

【0094】以下に、いずれか1つの対応点探索部43(n)が行う対応点探索処理を、説明する。前記対応点探索部43(n)は、いずれか1つの補助画像 l_q

(n)上から、全ての特徴点 $p_{a1} \sim p_{am}$ にそれぞれ対応する画素を、該補助画像 $l_q(n)$ の対応点 $p_{b1} \sim p_{bm}$ として、探索する。具体的には、各特徴点 $p_{a1} \sim p_{am}$ 近傍のいわゆるテキスチャと対応点 $p_{b1} \sim p_{bm}$ 近傍のテキスチャとの相関がそれぞれ最大になるように、対応点 $p_{b1} \sim p_{bm}$ を抽出する。

【0095】特徴点近傍のテキスチャと前記補助画像 $l_q(n)$ 内の任意の点の近傍のテキスチャとの相関 C_t は、たとえば、式14に示すように、いずれか1つの特徴点 p_{am} および該特徴点 p_{am} の近傍画素それぞれの輝度値 y_i と、該任意の点および該任意の点の近傍画素それぞれの輝度値 y_j との差の絶対値 $|y_i - y_j|$ の積算値 $\sum |y_i - y_j|$ であると、仮定する。前記輝度値 y_i, y_j は、それぞれ、式13を用いて定められる。

【0096】

... (14)

であると定義して、いわゆるテンプレートを用いたピラミッドマッチング法を行う。この処理を、各特徴点 $p_{a1} \sim p_{am}$ 毎に繰返すと、全ての特徴点 $p_{a1} \sim p_{am}$ の対応点 $p_{b1} \sim p_{bm}$ が得られる。前記特徴点近傍のテキスチャと任意の点近傍のテキスチャとの相関値 C_t は、前記積算値 $\sum |y_i - y_j|$ に限らず、他のもので

もよい。

【0097】以下に、いずれか1つの変形部44(n)が行う変形処理を、説明する。前記変形部44(n)は、まず、いずれか1つの補助画像1q(n)の対応点pb1~pbMの妥当性を評価する。これは、以下の理由からである。前記補助画像1q(n)が前記低照度画像であるならば、低照度画像はテキスト情報が乏しいため、前記対応点探索部43(n)の探索結果が信頼できるとは限らない。すなわち、前記補助画像1q(n)が前記低照度画像であるならば、参照画像1r内の特徴点pa1~paMがある部分と、いずれか1つの補助画像1q(n)内の対応点pb1~pbMがある部分とに、被写体の同じ部分が写っているとは限らない。この場合、対応点pa1~paMを用いて変形処理が行われると、画像処理装置22から最終的に出力される出力画像1oにいわゆるぼけや残像が生じるので、出力画像1oが非常に見づらくなる。このため、前記変形部44(n)は、まず、対応点探索部5の対応点探索処理の結果の信頼性、すなわち対応点pb1~pbMの妥当性を

$$Lr1 = |Vpa1 - Vpa2| \quad \dots (15)$$

$$Lr2 = |Vpa2 - Vpa3| \quad \dots (16)$$

$$Lr3 = |Vpa3 - Vpa1| \quad \dots (17)$$

$$Lq1 = |Vpb1 - Vpb2| \quad \dots (18)$$

$$Lq2 = |Vpb2 - Vpb3| \quad \dots (19)$$

$$Lq3 = |Vpb3 - Vpb1| \quad \dots (20)$$

$$\theta = (|Lq1 - Lr1| \div Lr1 + |Lq2 - Lr2| \div Lr2 + |Lq3 - Lr3| \div Lr3) \div 3 \quad \dots (21)$$

上式において、「Vpa1」、「Vpa2」、「Vpa3」は、参照画像1r上の各特徴点pa1~pa3の座標ベクトルである。「Vpb1」、「Vpb2」、「Vpb3」は、いずれか1つの補助画像1q(n)上の各対応点pb1~pb3の座標ベクトルである。各点pa1~pa3、pb1~pb3の座標ベクトルとは、画像1r、1q(n)に設定される座標系の原点(0,0)から、各点pa1~pa3、pb1~pb3に相当する画素の代表点に向かうベクトルであり、画素の代表点とは、たとえば画素の中心である。画像1r、1q(n)の座標系の原点は、画像1r、1q(n)のどこにとっても良い。「Lr1」、「Lr2」、「Lr3」、「Lq1」、「Lq2」、「Lq3」は、三角形Tr、Tq(n)の3つの辺それぞれの長さである。

【0101】次いで、前記変形部44(n)は、妥当性評価値θを、前記対応点の妥当性の評価のための閾値θcと比較する。閾値θcは、たとえば0.9である。妥当性評価値θが閾値θc以下である場合、前記対応点の妥当性が低く、ずれ補正のための変形処理が困難であると判断し、前記補助画像1q(n)を、妥当性の評価処理以後の処理に用いない。このため、前記変形部44(n)は、この時点で処理を終了する。妥当性評価値θが閾値θcを超える場合、前記対応点の妥当性がずれ補

評価して、妥当性の高い処理結果、すなわち探索処理が成功している前記対応点pb1~pb3だけを、変形処理に用いる。

【0098】前記対応点の妥当性の評価手法を、図10を用いて説明する。以後の説明では、特徴点の数Mが3であると仮定する。図10(A)は、参照画像1r内の特徴点pa1~pa3の相互の位置関係を示す図である。図10(B)は、前記補助画像1q(n)内の特徴点pb1~pb3の相互の位置関係を示す図である。

【0099】前記妥当性の評価のために、いずれか1つの変形部44(n)は、以下の式15~式21に基づいて、妥当性評価値θを求める。妥当性評価値θは、特徴点pa1~pa3を頂点とする三角形Trから対応点pb1~pb3を頂点とする三角形Tq(n)への、三角形の3辺の変動を示す。三角形Tr、Tq(n)の3辺の変動は、参照画像1r内および前記補助画像1q(n)内に写る被写体の位置や形状の違いによって、生じる。

【0100】

正のための変形処理を行うことができる程度に高いと判断し、前記補助画像1q(n)を、妥当性の評価処理以後の処理に用いる。このため、前記変形部44(n)は、前記補助画像1q(n)の変形処理を行う。以上が、妥当性の評価処理である。

【0102】いずれか1つの補助画像1q(n)の変形処理の具体的な手法を、以下に説明する。以下の説明では、特徴点の数Mは3であると仮定する。

【0103】まず、前記変形処理に先立って、対応点探索部43(n)は、前記ずれ情報を求めて、前記変形部44(n)に与える。具体的には、前記対応点探索部43(n)は、まず、3つの特徴点pa1~pa3のうちのいずれか2つを両端とするベクトルを2つ設定する。以後の説明では、前記2つのベクトルを、特徴点pa1から特徴点pa2に向かうベクトル「pa2-pa1」と、特徴点pa1から特徴点pa3に向かうベクトル「pa3-pa1」とであると仮定する。次いで、対応点探索部43(n)は、参照画像1rの各画素の座標ベクトルpを、前記2つのベクトルを用いて、式22に示すように、それぞれ線形分解する。この結果、前記座標ベクトルpを線形分解した際の前記2つのベクトルpa2-pa1、pa3-pa1の比率α、βが、参照画像1rの全ての画素について、それぞれ求められる。参照

画像 l_r の全ての画素の前記比率 α , β が、前記ずれ情報として、対応点探索部 43 (n) から変形部 44

$$p = \alpha \times (pa2 - pa1) + \beta \times (pa3 - pa1) \quad \dots (22)$$

次いで、変形部 44 (n) は、変形処理として、前記ずれ情報に基づいて、補助画像 l_q (n) の全ての画素の補正後の座標ベクトル p^* を、該座標ベクトル p^* を対応点 $pb1 \sim pb3$ のうちのいずれか 2 つを両端とする 2 つのベクトル $pb2 - pb1$, $pb3 - pb1$ を用いて線形分解する際の前記 2 つのベクトルの比率が、参照

$$p^* = \alpha \times (pb2 - pb1) + \beta \times (pb3 - pb1) \quad \dots (23)$$

最後に、前記変形部 44 (n) は、補助画像 l_q (n) の全ての画素の座標ベクトル p を、前記補正後の座標ベクトル p^* に変更して、前記全ての画素を並べ直す。この結果生成されるずれ補正画像は、補助画像 l_q (n) が、前記ずれを相殺するように変形されたものである。前記ずれ補正画像の作成の際に、補助画像 l_q (n) の変形に伴い、全ての前記補正後の座標ベクトル p^* の中に存在しない座標の画素の画素データが必要になった場合、前記存在しない座標の画素データと等しい座標の参照画像 l_r 内の画素の画素データを、用いる。以上で、変形処理の説明を終了する。

【0106】上述のずれ補正画像、すなわち変形処理が施された補助画像 l_q (n) は、いずれか 1 つの補助用前処理部 45 (n) に与えられて、前処理が施される。いずれか 1 つの補助用前処理部 45 (n) 内の輝度補正部 53 (n) および色ノイズ除去部 54 (n) の具体的な構成は、参照用前処理部 41 の内の輝度補正部 51 および色ノイズ除去部 52 の具体的な構成とそれぞれ等しい。これによって、変形処理が施された補助画像 l_q (n) に、前処理がさらに施される。

【0107】以下に、合成部 46 が行う合成処理を説明する。合成部 46 には、前処理が施された参照画像 l_r と、変形処理および前処理が施された全ての補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ が、与えられる。変形部 44 (1) ~ 44 (N) の妥当性の評価処理の評価結果に起因して、変形処理が行われない補助画像がある場合、該補助画像は合成部 46 には与えられない。以後の説明では、全ての補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ が、合成部 46 に与えられているものと仮定する。また、以後の説明では、前処理が施された参照画像 l_r を、「補正参照画像 l_r 」と称し、変形処理および前処理が施された各補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ を、それぞれ、「補正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ 」と称する。

【0108】合成部 46 は、前記ランダムノイズを抑制するために、上述の補正参照画像 l_r および全ての補正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ を平均合成して、1 枚の合成画像 l_s を得る。これは、前記ランダムノイズは、いわゆる真値を中心として確率的に分布する傾向があるので、複数の画像を平均合成することによ

(n) に与えられる。

【0104】

画像 l_r の各画素の前記比率 α , β と等しくなるように、それぞれ求める。具体的には、前記補助画像 l_q (n) の任意の 1 つの画素の補正後の座標ベクトル p^* は、該画素に対応する参照画像 l_r 内の画素の前記比率 α , β を用い、式 23 に基づいて、求められる。

【0105】

て、前記ランダムノイズを抑制することができるからである。前記合成画像 l_s を表す画像データを得るための処理は、概略的には、合成画像 l_s 内の全ての画素の画素データを、合成画像 l_s 内の座標 (0, 0) に相当する画素から順に、上述の全ての画像 l_r , $l_q(1) \sim l_q(N)$ の各画素の画素データを各画素の相関値を用いた重み付け平均して求め、順次出力する。

【0109】図 11 は、合成画像 l_s 内のいずれか 1 つの座標 (x, y) に相当する処理対象の画素 p_s の画素データの設定手法を説明するための、機能的ブロック図である。図 11 を用いて、前記設定手法を説明する。図 11 では、補正参照画像 l_r の画像データ、全ての補正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ の画像データ、および合成画像 l_s の画像データを、仮想的に四辺形で描いている。実際には、補正参照画像 l_r および全ての補正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ の画像データは、該画像データ内の画素データが 1 つずつ、前記各前処理部 41, 45 (1) ~ 45 (N) から合成部 46 に与えられ、合成画像 l_s の画像データ内の画素データが 1 つずつ後処理部に与えられていれば良く、前記各画像データを記憶する画像バッファが必ずしもあるわけではない。

【0110】まず、補正参照画像 l_r 内の、前記いずれか 1 つの座標 (x, y) と同じ座標に相当する画素 p_r の画素データが、全ての相関値計算部 91 (1) ~ 91 (N) と平均演算部 93 とに与えられる。また、各補正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ 内の、前記いずれか 1 つの座標 (x, y) と同じ座標に相当する画素 $p_q(1) \sim p_q(N)$ の画素データが、各相関値計算部 91 (1) ~ 91 (N) と各補正項演算部 92 (1) ~ 92 (N) とに、それぞれ与えられる。補正参照画像 l_r 内の、合成画像の処理対象の画素 p_s の座標 (x, y) と同じ座標に相当する前記画素 p_r を、以後「参照画素 p_r 」と称し、各補正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ 内の該座標 (x, y) と同じ座標に相当する前記画素 $p_q(1) \sim p_q(N)$ を、以後「補助画素 $p_q(1) \sim p_q(N)$ 」と称する。

【0111】次いで、各相関値演算部 91 (1) ~ 91 (N) は、各補助画素 $p_q(1) \sim p_q(N)$ と、参照画素 p_r との相関値 $C1 \sim CN$ を、それぞれ求める。相

閾値は、0以上1以下の整数である。相関値C1～CNの詳細な演算法は後述する。続いて、補正項演算部92(1)～92(N)は、各補助画像pq(1)～pq(N)の画素データの3つの色成分ri, gi, biそれぞれから、参照画素データの3つの色成分r0, g0, b0を減算した差の半分の値に、相関値C1～CNをそれぞれ乗算した積を、合成画像の処理対象の画素psの3つの色成分r*, g*, b*の補正項として求める。最後に、平均演算部93が、各補正項演算部92(1)～92(N)で求められた3つの色成分r*, g*, b*の補正項と参照画素prの画素データの3つの色成分r0, g0, b0との和の平均をそれぞれ求め

$$r^* = \sum_i ((r_i - r_0) \times C_i \times 0.5 + r_0) \div N \quad \dots (24)$$

$$g^* = \sum_i ((g_i - g_0) \times C_i \times 0.5 + g_0) \div N \quad \dots (25)$$

$$b^* = \sum_i ((b_i - b_0) \times C_i \times 0.5 + b_0) \div N \quad \dots (26)$$

このような重み付け平均を用いた計算によって、合成画像Isの処理対象の画素psの画素データの色成分r*, g*, b*を計算する場合、相関値C1～CNがそれぞれ大きいならば、すなわち相関値C1～CNが1にそれぞれ近いならば、合成画像Isの画素psの画素データは、全ての補助画像pq(1)～pq(N)の画素データと参照画素prの画素データとの平均に近づく。また、前記場合、相関値C1～CNが小さいならば、すなわち相関値C1～CNが0にそれぞれ近いならば、合成画像Isの処理対象の画素psの画素データは、参照

$$r^* \sim \sum_i ((r_i + r_0) \times 0.5) \div N \quad \dots (27)$$

$$r^* \sim \sum_i r_0 \div N \quad \dots (28)$$

このように、合成部46は、合成画像Isの処理対象の画素1つ毎に、参照画素prとの相関値が大きい補助画像pq(n)だけを用いて、上述の平均を各画素psの画素データとして求める。合成画像Isの全ての画素の画素データの集合が、合成画像Isを表す画像データに相当する。この結果、変形部44(1)～44(N)でそれぞれ補正しきれなかった前記ずれに起因する合成誤りを、目立ちにくくすることができる。

【0116】上述の合成処理の中の、合成画像Isの処理対象の画素psの画素データを求める演算において、相関値C1～CNを用いた重み付け平均を用いる代わりに、単純平均を用いてもよい。たとえば、前記補助画像および参照画像lq(1)～lq(N), lrを撮影した際に被写体が動いていないならば、前記合成処理から、前記合成画像の各画素データを求める処理から相関値Ciの演算と相関値Ciを用いる重み付けとを省略し、合成部46は前記合成画像の各画素データを、全ての前記画像lr, lq(1)～lq(N)の各画素の画素データを単純に平均して求めてもよい。これは、前記場合には、前記参照画像および補助画像lr, lq(1)～lq(N)内に写るそれぞれ被写体の位置や形状が相互にほぼ等しいので、前記参照画像lrと前記各補助画像lq(1)～lq(N)とのずれが小さく、ず

る。前記和の平均が、合成画像の処理対象の画素psの画素データの色成分r*, g*, b*である。

【0112】以上の処理によって、合成画像Isの全ての画素1つ毎に、式24～式26に示す演算が行われる。以下の式で、「N」は、合成部45に与えられる全ての補助画像の枚数と参照画像の枚数との和である。

「Σ」は、補助画像lについての加算を意味する。すなわち、参照画素prの各色成分と、相関値C1～CNによってそれぞれ重み付けされた全ての補助画像pq(1)～pq(N)の各色成分との平均値が、合成画像Isの処理対象の画素psの各色成分になる。

【0113】

画素prの画素データに近づく。

【0114】たとえば、合成画像Isの画素psの赤の色成分r*を例とすると、相関値C1～CNが1である場合、式27に示すように、赤の色成分r*は、おおよそ、各補助画像pq(1)～pq(N)の赤の色成分riと参照画素prの赤の色成分r0との平均((ri+r0)×0.5)の、平均である。また、相関値C1～CNが0である場合、赤の色成分r*は、式28に示すように、おおよそ、参照画素prの赤の色成分r0になる。

【0115】

れに起因する合成誤りが起こりにくいからである。

【0117】また、上述の説明では、合成部46は、合成対象の画像のうちの補正参照画像lr\$以外の残余の画像として、変形処理および前処理が施された補助画像lq(1)～lq(N)、すなわち補正補助画像lq(1)\$～lq(N)\$を用いる。上述の合成処理を前記ランダムノイズの抑制のために行うならば、合成部46は、前記残余の画像として、前処理だけが施された補助画像lq(1)～lq(N)を用いても良く、変形処理および前処理のどちらも施されていない元の補助画像lq(1)～lq(N)を用いても良い。

【0118】なお、前記残余の画像としては、少なくとも前処理が施された補助画像lq(1)～lq(N)を用いることが好ましい。これは、以下の理由からである。前記残余の画像に予め前処理が施されている場合、合成対象の全ての画像それぞれから、彩度抑制処理を用いてランダムノイズが減少されている。ゆえに、前記前処理が施された補助画像lq(1)～lq(N)を前記残余の画像とすると、それを用いた合成処理によって十分にランダムノイズが除かれた合成画像Isを得るために最低限必要な合成対象の画像の枚数が、合成処理を用いてランダムノイズを抑制する従来技術を用いた画像処理装置における合成対象の画像の枚数よりも、少な

くなるからである。

【0119】上述の各種の手法の合成処理で得られる合成画像 l_s は、参照画像 l_r と比較して、写っている被写体の位置や形状がほぼ等しく、かつ、画質が良好に改善されている。また、補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ および参照画像 l_r を合成する場合、上述の説明と同じように、合成処理に相関値 C_n を用いた重み付け平均を用いるならば、いわゆる二重写りのない合成画像を生成することができるので、より好ましい。さらに、前記相関値 $C_1 \sim C_N$ を用いた重み付け平均を用いる代わりに、前記相関値を予め定める閾値と比較して、相関値が前記閾値以上である補助画素 p_q と参照画素 p_r との画素データだけの単純平均を、処理対象の画素 p_s の画素データとしてもよい。これによっても、前記二重写りのない合成画像を得ることができる。

【0120】以下に、全ての相関値演算部91(1)～

$$C_n = 1 \div (|y_1 - y_a| + |y_2 - y_a| + 1) \quad \dots (29)$$

第1の計算手法では、合成画像 l_s の1つの処理対象の画素 p_s の画素データを定める際に、該画素 p_s と同じ座標の補正参照画像 l_r 内の参照画素 p_r 、および該画素 p_s と同じ座標の補正補助画像 $l_q(n)$ 内の画素 $p_q(n)$ だけを用いて、相関値 C_n を計算している。この結果、合成部46は、合成画像 l_s の画素単位で、相関値を演算することができる。

【0123】したがって、各画像 l_r 、 $l_q(n)$ 内の画素 p_r 、 $p_q(n)$ の近傍の画素の画素データを、相関値の演算に用いる必要がなくなるので、ずれ補正処理、前処理、および合成処理の演算時に、各処理の処理結果を保持するバッファを備える必要がない。すなわち、合成処理に用いられる元の画像を保持するための、いわゆる中間画像バッファを必要としない。ゆえに、本実施形態の画像処理装置22は、メモリを節約することができるため、その部品点数を従来技術の画像処理装置よりも減少させることができる。

$$\text{容量} = 3 \times (\text{補助画像の幅} \times \text{補助画像の高さ}) \times (\text{補助画像の枚数} + 1)$$

… (30)

次いで、相関値の第2の計算手法を説明する。図12は、相関値の第2の計算方法を用いる、合成画像 l_s 内のいずれか1つの座標 (x, y) に相当する処理対象の画素 p_s の画素データの設定手法を説明するための、機能的ブロック図である。図12の機能的ブロック図は、図11の機能的ブロック図と類似し、各画像 l_r 、 $l_q(1) \sim l_q(N)$ 、 l_s をそれぞれ示す四辺形は、図11の四辺形と同じ意味である。相関値の第2の計算手法を用いる場合、図12に示すように、補助用前処理部45(1)～45(N)と合成部46との間に、それぞれ、補正画像バッファ94(1)～94(N)が介在される。補正画像バッファ94(1)～94(N)は、それぞれ、補助用前処理部45(1)～45(N)からそれぞれ出力される画素データの集合、すなわち補

正補正画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ の画素データを、いずれか1つの相関値演算部91(n)を例に説明する。全ての相関値演算部91(1)～91(N)の相関値の演算処理は、処理対象となる補正補助画像が相互に異なるだけで、他の点は相互に等しい。前記相関値の演算処理には、第1～第3の計算手法がある。

【0121】まず、相関値の第1の計算手法を説明する。第1の計算手法では、相関値 C_n は、参照画素 p_r の輝度値 y_1 と、処理対象となるいずれか1つの補正補助画像 $l_q(n)$ の補助画素 $p_q(n)$ の輝度値 y_2 とを用い、式29に基づいて、求められる。以下の式で「 y_a 」は、上記2つの輝度値 y_1 、 y_2 の平均値である。前記輝度値 y_1 、 y_2 は、前述の式13を用いて定義される。

【0122】

【0124】さらにまた、中間画像バッファを省略することによって、画像処理装置の製造コストを大きく減少させることができる。これは、以下の理由からである。一般的に、中間画像バッファの容量は、式30に示すように、補助画像の幅と補助画像の高さとの積の3倍の値と、全ての補助画像の枚数よりも1多い数との積のバイトになる。たとえば、補助画像のサイズが640×480画素であり、補助画像の枚数が10枚である場合、前記中間画像バッファの容量は10Mバイトになる。このように、中間処理バッファは、比較的容量が大きくなり易いので、部品コストが高く成り易い。ゆえに、中間画像バッファを備えた分だけ、画像処理装置の製品コストが増加しやすい。本実施形態の画像処理装置22は、上述の中間処理バッファを備えないので、製品コストを大きく減少させることができるのである。

【0125】

正補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ を表す画像データを記憶する。

【0126】第2の計算手法では、まず、補正参照画像 l_r のイメージベクトル V_i と、処理対象となるいずれか1つの補正補助画像 $l_q(n)$ のイメージベクトル V_j とを、求める。前記各画像 l_r 、 $l_q(n)$ のイメージベクトル V_i 、 V_j は、それぞれ、各画像 l_r 、 $l_q(n)$ 内の前記処理対象の画素 p_s と座標が等しい画素 p_r 、 $p_q(n)$ の輝度値と、該画素 p_r 、 $p_q(n)$ の複数の近傍画素それぞれの輝度値とを、それぞれ成分とする。

【0127】たとえば、前記画素 p_r 、 $p_q(n)$ の座標を (x, y) と仮定し、前記複数の近傍画素をいわゆる3×3近傍の画素であると仮定する。この場合、前記

画素 $p_r, p_q(n)$ および前記複数の近傍画素の座標は、以下の行列 31 に示す通りの組合わせになる。以下の行列 31 の要素の配列は、前記画像 l_r, l_q

$$\begin{pmatrix} (x-1, y-1), & (x, y-1), & (x+1, y-1) \\ (x-1, y), & (x, y), & (x+1, y) \\ (x-1, y+1), & (x, y+1), & (x+1, y+1) \end{pmatrix} \quad \dots (31)$$

ゆえに、画像 l のいずれか 1 つの画素 $p(x, y)$ のイメージベクトル V は、上述の 9 つの画素の輝度値を要素とするベクトルであり、式 32 で表される。以下の式において、「 $l(i, j)$ 」は、画像 l 内の任意の 1 つの座標 (i, j) に相当する画素の輝度値を示す。前記輝度値 $l(i, j)$ は、式 13 を用いて定義される。

$$V = [l(x-1, y-1), l(x, y-1), l(x+1, y-1), \\ l(x-1, y), l(x, y), l(x+1, y), \\ l(x-1, y+1), l(x, y+1), l(x+1, y+1)]$$

... (32)

次いで、いずれか 1 つの相関値演算部 92(n) は、補正参照画像 l_r のイメージベクトル V_i と、前記補正補助画像 $l_q(n)$ のイメージベクトル V_j とのベクトル相関値 C_v を、前記相関値 C_n として求める。前記イメージベクトル相関値の演算処理には、第 1～第 3 の算出手法があり、各算出手法の詳細は後述する。このように、第 2 の計算手法を用いる場合、全ての補助用前処理部 45(1)～45(N) から出力される画素データの集合、すなわち前記変形処理および前処理が施された全ての補助画像 $l_q(1) \sim l_q(N)$ の画像データを保存するための、補正画像バッファ 94(1)～94(N) が必要となる。

【0130】2つの前記イメージベクトル V_i, V_j は、それぞれ、参照画素 p_r および補助画素 $p_q(n)$ の近傍におけるいわゆるテキストチャを、それぞれ表している。2つの前記イメージベクトル V_i, V_j の相関が高くなることは、参照画素 p_r の近傍のテキストチャと補助画素 $p_q(n)$ の近傍のテキストチャとが相互に似ていることを示している。

$$C_{v1} = V_i \cdot V_j$$

以下に、前記ベクトル相関値の第 2 の算出手法を説明する。第 2 の算出手法では、イメージベクトル V_i, V_j の第 2 のベクトル相関値 C_{v2} として、式 34 に示すイメージベクトルの各成分の差の絶対値を積算した和を用いる。第 2 のベクトル相関値 C_{v2} は、算出式 34 が加算および減算だけで構成されているので、ベクトル相関

$$C_{v2} = \sum_k |V_{ik} - V_{jk}|$$

以下に、前記ベクトル相関値の第 3 の計算手法を説明する。第 3 の計算手法では、イメージベクトル V_i, V_j の第 3 のベクトル相関値 C_{v3} として、参照画素 p_r および補助画素 $p_q(n)$ の輝度成分の逆数を用いる。これは、以下の理由からである。一般的に、前記ランダムノイズは、画像内の前記低輝度領域で発生し、ずれ補正の誤りに起因するいわゆる残像は、画像内の、輝度が大きい画素を多く含む高輝度領域で顕著となる。このた

(n) \$ 内の処理対象の画素 $p_r, p_q(n)$ および前記複数の近傍画素の配列と等しい。

【0128】

「 i 」は、 $x-1, x, x+1$ のうちのいずれかであり、「 j 」は、 $y-1, y, y+1$ のうちのいずれかであり、画像 l は、補正参照画像 l_r またはいずれか 1 つの補正補助画像 $l_q(n)$ である。

【0129】

ることを示している。このため、前記イメージベクトル V_i, V_j の相関を、前記相関値 C_n として合成処理に用いる場合、前記テキストチャの類似度に応じて、前記合成処理の合成率を制御することができる。このように、第 2 の計算手法を用いる場合、前記合成処理に、補正参照画像 l_r およびいずれか 1 つの補正補助画像 $l_q(n)$ のテキストチャに関する情報を活用することができる。したがって、いわゆるロバスト性を向上させることができる。

【0131】以下に、前記ベクトル相関値の第 1 の算出手法を説明する。第 1 の算出手法では、イメージベクトル V_i, V_j の第 1 のベクトル相関値 C_{v1} として、式 33 に示すイメージベクトル V_i, V_j の内積を用いる。これは、一般的に、2つの処理対象のベクトルが相互に同じ方向を向く場合に内積が 1 に近づき、2つの処理対象のベクトルが相互に異なる方向を向いている場合に内積が 1 より小さい値となることを利用している。

【0132】

... (33)

値 C_{v2} の計算に乗算処理を必要としない。ゆえに、第 1 の計算手法が用いられる場合と比較して、第 2 の計算手法が用いられる場合、相関値演算部 91(1)～91(N) の計算量が少なくなる。

【0133】

... (34)

め、画像内の前記高輝度領域に関する合成処理を弱め、かつ、画像内の低輝度領域で積極的に合成処理を行うと、ずれ補正の誤りに起因する残像を抑えつつ、前記ランダムノイズを合成処理を用いて抑制することができるのである。具体的には、第 3 のベクトル相関値 C_{v3} は、式 35 に示すように、参照画素 p_r および補助画素 $p_q(n)$ の輝度値 y_a, y_b の平均値に 1 を加えた値の逆数である。輝度値 y_a, y_b は、前述の式 13 を用

いて定義される。以下の式で、前記平均値に1を加えているのは、前記平均値が0となった場合に、第3のベクトル相関値 $Cv3$ が特異となるのを防ぐためである。以

$$Cv3 = 1 \div ((y1 + y2) \div 2 + 1) \quad \dots (35)$$

上述の合成処理に説明において、相関値 Cn を、式36に示す該相関値 Cn と範囲指定係数 ka との積 $Cn*$ に置換えても良い。これは、前記合成処理において、輝度値 y が取り得る有効範囲のうちの相関値 Cn が影響する範囲を、前記有効範囲内の一部分に限られた範囲内に限定したり、画素の輝度成分に対する相関値 Cn の適用強度の分布を変えることができるようにするためである。範囲指定係数 ka は、式37に示す評価関数によって定められる。以下の式で、「 la 」は前記評価関数の変化の度合を決める係数である。「 la 」は、式38で示すよ

$$Cn* = Cn \times ka \quad \dots (36)$$

$$ka = 1 \div (1 + \exp(-p \times (la - lt))) \quad \dots (37)$$

$$la = (ya + yb) \div 2 \quad \dots (38)$$

彩度強調部55が行う彩度強調処理を、以下に説明する。彩度強調部55は、輝度補正部51、53(1)～53(N)における輝度補正処理に起因して参照および補助画像 lr 、 lq (1)～ lq (N)から失われた色のための合成画像 ls の画質の劣化を補正するためのものであり、概略的には、合成部46で得られる合成画像 ls の各画素の彩度を、該各画素の輝度が大きいほど強く強調する。前記彩度強調処理には、第1および第2の手法がある。第1および第2の手法のどちらも、合成画像の画素を1つずつ順次処理対象として行われ、合成画像の全ての画素を処理対象とするまで繰返される。

【0136】まず、彩度強調処理の第1の手法を説明する。第1の手法では、彩度強調部55は、まず、合成画像 ls の処理対象の1つの画素の画素データの表色系を、RGB表色系からHSV表色系に変換する。次いで、前記画素の画素データの輝度成分 V を調べ、輝度成分 V が大きいほど、画素の彩度成分 S を拡大する。最後に、前記画素の画素データの表色系を、HSV表色系からRGB表色系に戻す。この処理が、合成画像の各画素毎に、繰返す。

【0137】次いで、彩度強調処理の第2の手法を説明

$$R* = -(1 - k) \times (ac2 - r*) + r* \quad \dots (39)$$

$$G* = -(1 - k) \times (ac2 - g*) + g* \quad \dots (40)$$

$$B* = -(1 - k) \times (ac2 - b*) + b* \quad \dots (41)$$

上述の第1または第2の手法で彩度が強調された画素データは、順次、彩度強調部55から出力される。前記画素データの集合が、彩度強調処理が施された合成画像 $ls*$ に相当する。また、彩度強調処理において、上述のように前記合成画像の画素の彩度成分の強調の度合を、画素評価係数が大きくなるのに伴って連続的に大きくする代わりに、前記画素の輝度成分 V が予め定める輝度の閾値以上であるかどうかを前記合成画像 ls の各画素毎にそれぞれ調べ、輝度成分が前記輝度の閾値以上である

上で、ベクトル相関値の計算手法の説明を終了する。

【0134】

うに、参照画素 pr および補助画素 pq (n)の輝度値 ya 、 yb の平均値である。「 lt 」は、輝度値の平均値 la の予め定める閾値である。閾値 lt は、たとえば0.5であり、係数 p は、たとえば10である。このように、積 $Cn*$ を相関値 Cn と置換えて用いることによって、前記係数 p を変化させるだけで、合成したい輝度値の範囲を大きく変えるように、容易に指定することができる。

【0135】

する。第1の手法では、彩度強調部55は、まず、合成画像 ls の処理対象の1つの画素の画素データの3つの色成分 $r*$ 、 $g*$ 、 $b*$ の平均値 $ac2$ を求める。次いで彩度強調部55は、前記各色成分 $r*$ 、 $g*$ 、 $b*$ を、該各色成分と平均値 $ac2$ との差 $ac2 - r*$ 、 $ac2 - g*$ 、 $ac2 - b*$ と前記画素評価係数 k との積だけ拡大した値に、置換える。すなわち、前記各色成分 $r*$ 、 $g*$ 、 $b*$ が、以下の式39～41で示す色成分 $R*$ 、 $G*$ 、 $B*$ に、それぞれ置換えられる。前記画素評価係数 k は、前述の彩度抑制部67の説明の式1～式3で定められる。この結果、前記色成分 $R*$ 、 $G*$ 、 $B*$ は、前記画素の輝度成分が大きいほど、強調されることになる。この際、変換後の色成分 $R*$ 、 $G*$ 、 $B*$ を含む画素データを、HSV表色系に変換すると、該画素データの輝度成分 V が、輝度成分 V が取得する予め定める有効範囲からはみ出すことがある。ゆえに、色成分の変換後、いわゆるクリッピングを用いて前記輝度成分が前記有効範囲内にあるか否かを調べ、有効範囲内にない場合には、前記画素データを修正することが好ましい。

【0138】

画素の彩度だけを、強調するようにしてもよい。以上で、彩度強調処理の説明を終了する。

【0139】先鋭化部56が行う先鋭化処理を、以下に説明する。先鋭化部10の先鋭化処理は、合成画像 ls の画質を改善するために、合成画像 ls に生じるぼけを抑制し、前記合成画像の先鋭度を回復させる。前記ぼけや前記先鋭度の劣化は、参照画像 lr と各補助画像 lq (1)～ lq (N)とのずれが、変形部44(1)～44(N)の変形処理によって完全に補正しきれなかった

場合に、生じる。

【0140】概略的には、先鋭化部10は、彩度が強調された合成画像1s*に、先鋭化処理のためのフィルタを用いた先鋭化処理を施し、該合成画像1s*の先鋭度を回復される。前記フィルタは、たとえば、いわゆるラプラシアンオペレータを用いたアンシャープマスキングである。前記先鋭化処理の際、前記合成画像1s*内の前記低輝度領域に先鋭化処理を適用すると、抑制された

$$I^* = I - \alpha c \times Y \times L(I)$$

上式で、「I」は前記合成画像1s*の処理対象の任意の1つの画素の画素データ内の3つの色成分のうちのいずれか1つの色成分であり、「L(I)」は前記任意の画素のいわゆるラプラシアンであり、「αc」はエッジ強調の強度を示す定数であり、「Y」は、前記任意の1つの画素の輝度値であり、「I*」は先鋭化処理後の前記いずれか1つの色成分である。前記輝度値は、式13を用いて定められる。また、先鋭化処理が行われる場合、前記合成画像1s*内の全ての画素pの輝度値Yは、0以上1以下の範囲に正規化されているとする。

【0142】上述の手法で変換された色成分I*は、順次、先鋭化部56から出力される。合成画像の全ての画素の3つの前記変換された色成分I*の集合が、出力画像1oに相当する。これによって、ランダムノイズを抑制したまま、前記合成画像1s*内の前記高輝度領域だけに先鋭化処理が施される。この結果、参照画像1rと比較して、出力画像1oの画質を向上させることができる。以上で、先鋭化部56の説明を終了する。

【0143】本発明の第2実施形態である画像処理装置を、以下に説明する。前記画像処理装置は、中央演算処理装置と記憶装置と表示装置と通信部とを備えるコンピュータによって実現される。前記コンピュータには、第1実施形態で説明した各種の処理を含む前記画質改善処理を前記中央演算処理装置に行わせるためのプログラムおよびデータを含む画像処理ソフトウェアが、インストールされている。前記画像処理プログラムは、たとえば頒布時には記憶媒体に記憶されており、該前記記憶媒体を前記コンピュータに装着して、前記記憶媒体内の前記ソフトウェアを前記コンピュータにインストールする。前記記憶媒体には、たとえば、CD-ROMおよびフロッピーディスクが挙げられる。前記画像処理ソフトウェアは、たとえば、デジタルステルカメラのバンドルソフトウェアである。前記コンピュータは、撮影装置23との間で、通信部29を介して相互に画像ファイルを送受信することができるものと仮定する。

【0144】この場合、図2のブロック図は、前記プログラムの全体の流れを示す機能的ブロック図に相当し、図3、6、10のブロック図は、該各図3、6、10で説明した各種処理を行うサブルーチンの流れを示す機能的ブロック図に相当する。図4、5、7～9の図表は、前記ソフトウェア内のデータの特徴を表す。機能的プロ

ランダムノイズが再び目立つことになる。このため、先鋭化部56は、前記合成画像1s*内の前記高輝度領域を強く先鋭化して、画像内の前記低輝度領域には先鋭化処理の影響がでないようにする。すなわち、前記合成画像1s*内の各画素の画素データの3つの色成分それぞれを、式42に示すように、それぞれ変換する。

$$[0141]$$

… (42)

ック図では、単一のブロックが、中央演算処理回路の動作プログラムのうちの或る目的のための一連の処理動作、いわゆるサブルーチンを表し、該ブロックへ向かう矢印が、該処理のために必要な入力信号およびデータを表し、該ブロックから出る矢印が、該処理動作の処理結果を示す出力信号およびデータを表す。

【0145】前記コンピュータを画像処理装置22として動作させるには、前記コンピュータに前記画像処理ソフトウェアがインストールされた状態で、まず操作者が、記憶部30内の画像ファイル36のうちのいずれか1つを指定し、さらにインストールされた前記ソフトウェアの実行を、指示する。コンピュータの中央演算処理装置は、前記指示に回答して、インストールされた前記画像処理ソフトウェア内の前記プログラムを実行する。これによって、前記コンピュータ内の前記中央演算処理装置およびメモリが、前記画質改善部31内の各部品として順次動作するので、前記コンピュータ全体が画像処理装置22として動作する。

【0146】この結果、前記中央演算処理装置は、操作者が指定した画像ファイル36を記憶部30から読み込み、該画像ファイル内の複数の画像を用いて上述した画質改善処理を実行し、該画質改善処理の処理結果として得られた出力画像1oを含む画像ファイル37を記憶部30に再び記憶させる。前記画質改善処理の後、操作者は、さらに、コンピュータの中央演算処理装置に、前記出力画像1oの表示に適さないいわゆる画像ファイルビューアプログラムを実行させる。この結果、前記画像ファイル37が再生されて、出力画像1oがコンピュータの表示装置に表示される。これによって、操作者は、参照画像1rよりも画質が改善された出力画像1oを得ることができる。このような手順で、汎用的なコンピュータを用いて、容易に第1実施形態の画像処理装置22をを実現することができる。

【0147】上述した第1実施形態の画像処理装置22および第2実施形態の画像処理ソフトウェアがインストールされたコンピュータは、撮影装置23に外付けする装置になっていた。画像処理装置22内の画質改善部31、および前記コンピュータ内の前記画像処理プログラムを実行する部分は、それぞれ、撮影装置23内に内蔵されていてもよい。

【0148】また、撮影装置23は、単一の被写体を複

数回撮影することができる装置であれば、デジタルスチルカメラ以外の他のものでもよい。たとえば、撮影装置23は、ビデオカメラであってもよい。撮影装置23がビデオカメラである場合、前記動画の各フレームを、前記画質改善処理の処理対象の複数の画像とみなす。この結果、前記画質改善処理によって、前記動画の各フレームの画質の改善を行うことができる。またこの結果、前記ビデオカメラを用いて静止画を得る場合、該静止画の画質を改善することができる。

【0149】さらに、撮影装置23がビデオカメラである場合、前記動画の連続する複数のフレームのうちの最初のフレームを参照画像1rとし、前記連続する複数のフレームのうちの2番目から最後までのフレームを、補助画像1q(1)~1q(N)としてもよい。また前記場合、前記動画の連続する複数のフレームのうちのいずれか1つのフレームを参照画像1rとし、前記連続する複数のフレームのうちの前記いずれか1つのフレーム以外の残余のフレームを、補助画像1q(1)~1q(N)としてもよい。この場合、前記いずれか1つのフレームは、前記複数のフレームの中で、該複数のフレーム内の他のフレームと重複する面積が最も大きいフレームであることが好ましい。さらに、前記動画の中から前記複数のフレームを選択する際に、該複数のフレームから成るフレーム列が2つのシーンにまたがっていると、前記画像改善処理内の合成処理において、合成処理の画質を損なう可能性がある。ゆえに、前記フレーム列は、いわゆるカット検出技術を用いて、単一のシーン内の複数のフレームだけ抽出して、該複数のフレームを画質改善処理の処理対象の複数の画像とすることが好ましい。

【0150】さらに、前記画質改善処理は、該画質改善処理内の一部分の処理だけを、選択的に行っても良い。前記画質改善処理内の全ての処理のうちのどの部分を実行するかは、たとえば、前記画質改善処理の実行モードの切換えに応じて切換えられる。前記画質改善処理の中の複数の処理のうち、実行される処理の数が多くほど、出力画像1oの画質を、参照画像1rよりも向上させることができる。特に、前記輝度補正処理と、前記画質改善処理の中の前記輝度補正処理以外の残余の処理のうちの少なくとも1つの処理とを組合わせて行う場合、前記輝度補正処理によって増幅された参照画像内1r内のランダムノイズの影響を、出力画像1oから充分に除いて、出力画像1oの画質を改善することができる。

【0151】たとえば、前記前処理、すなわち前記輝度補正処理と前記色ノイズ除去処理だけを実行する第1の手法では、参照画像1rの画質改善処理を、画素単位での処理を繰返して行うことができる。前記第1の場合には、画像全体を一様に処理するのに比べて、画質改善処理の効率が良くなる。また、第2の手法として、前記前処理と後処理内の彩度強調処理および先鋭化処理の少な

くとも一方だけを実行してもよい。第2の手法では、前記ランダムノイズに起因する彩度成分の突出を抑えつつ、参照画像1r内の前記ランダムノイズが発生しやすい部分の彩度を強調したり先鋭化することを、画素単位の処理を繰返して行うことができるので、画質改善処理の効率が良くなる。

【0152】また、第3の手法として、前記前処理と、合成対象の画像に補正参照画像1r\$と補助画像1q(1)~1q(N)とを用いる前記合成処理とをだけを実行してもよい。第3の手法では、彩度抑制と画像合成との2つの手法を用いて前記ランダムノイズを除去することができるので、出力画像1oの画質がさらに良くなる。さらにまた、第4の手法として、前記前処理と、合成対象の画像に補正参照画像1r\$と補正補助画像1q(1)\$~1q(N)\$とを用いる前記合成処理とをだけを実行してもよい。第4の手法では、出力画像1oの画質をさせることができると共に、従来技術の画像処理装置よりも少ない枚数の画像を合成しつつ、ノイズ除去の精度を高くすることができる。さらに、前記前処理と前記変形処理と前記第3の手法の合成処理を実行する第5の手法では、撮影装置23を手で保持して被写体を撮影して得られた複数枚の画像を処理対象とした場合も、高い精度のノイズ除去と前記合成画像のぼけの影響の防止とを行って、参照画像1rの画質を充分に改善することができる。

【0153】また、第6の手法として、前記輝度補正処理だけが施された参照画像1rに、前記後処理内の2つの処理の少なくとも一方を、施してもよい。第6の手法では、後処理を画素単位で行うことができるので、画質改善処理の効率が、従来の画質改善処理よりも良くなる。またさらに、第7の手法として、前記輝度補正処理が施された参照画像1rと補助画像1q(1)~1q(N)とを前記第2または第3の手法の合成処理によって合成し、この結果得られる合成画像に前記後処理のうちの少なくとも一方を加えても良い。この結果、2種類のノイズ除去処理と後処理とを同時に行うことができるので、出力画像の画質を参照画像の画質よりもさらに向上させることができる。

【0154】さらにまた、第8の手法として、参照画像1rと補助画像1q(1)~1q(N)に前記いずれ補正処理を加えてから、参照画像1rとずれ補正後の補助画像1q(1)~1q(N)とを前記合成処理によって合成し、この結果得られる合成画像に前記後処理のうちの少なくとも一方を加えても良い。これによって、前記画像1r、1q(1)~1q(N)の撮影時に撮影装置23が手で保持される場合も、高い精度のノイズ除去と前記合成画像のぼけの影響の防止とを行って、参照画像1rの画質を充分に改善することができる。また、第9の手法として、前記前処理と前記第4合成処理と前記後処理の2つの処理のうちの少なくとも一方だけを行っても

よい。第9の手法では、彩度抑制および画像合成を用いた2種類のノイズ除去処理と後処理とが同時に行われるので、参照画像1rの画質を十分に改善することができる。

【0155】上述の画像改善処理の第1～第9の手法において、前記合成処理は、前記単純平均を用いた合成処理であってもよく、前記相関値を用いた重み付け平均を用いる合成処理であってもよい。後者の合成処理を用いた場合、前記複数の場合のそれぞれの効果に加えて、さらに、いわゆる手ぶれに起因する合成画像のぼけの影響を出力画像1oが受けることを、防ぐことができる。これによって、出力画像1oの画質がさらに良くなる。

【0156】また、上述の第1および第2実施形態のように、画像改善処理として、前記輝度補正処理と前記彩度抑制処理と補助画像1q(1)～1q(N)のずれ補正のための前記変形処理と前記重み付け平均を用いる合成処理と前記後処理とを行う場合、手持ちぶれに起因するボケおよび手持ちに起因する画像ずれの補正処理および前記ランダムノイズの除去処理を、従来技術の画像処理装置よりも少ない枚数の画像を用いて行うことができる。したがって、出力画像の画質が最も良く改善され、かつ、従来技術の画像処理装置よりも、画像処理が容易になる。

【0157】本実施形態の画像処理装置22および画像処理プログラムは、本発明の画像処理装置および画像処理プログラムの例示であり、主要な動作が等しければ、他の様々な形で実施することができる。特に各装置および部の詳細な動作は、同じ処理結果が得られれば、これに限らず他の動作によって実現されてもよい。

【0158】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、前記画像処理装置は、いわゆる輝度補正処理が施された前記被処理画像に、さらに、画素の輝度が低くかつ画素の彩度が高いほど前記彩度を強く抑制する彩度抑制処理を、画素単位で施す。これによって、前記被処理画像が、照度が低い被写体を撮影して得られていても、前記被処理画像の画質を効率良く改善することができる。

【0159】また本発明によれば、前記画像処理装置は、輝度が補正された前記被処理画像内の各画素の彩度をそれぞれ抑制するだけでなく、少なくとも1枚の補助画像と前記彩度が抑制された被処理画像とを平均合成する。これによって得られる合成画像の画質は、前記彩度が抑制された被処理画像よりも画質が向上する。さらにまた本発明によれば、前記画像処理装置は、前記平均合成処理の合成対象の画像、すなわち前記被処理画像および補助画像に、予め輝度補正処理と彩度抑制処理とを施す。これによって、前記合成画像からランダムノイズの影響を除くために必要な最低限の合成対象の画像の数を、減少させることができる。

【0160】また本発明によれば、前記画像処理装置

は、前記合成処理にいわゆる単純平均を用いる。これによって、簡単な演算処理によって、前記合成画像からランダムノイズの影響を除くことができる。さらにまた本発明によれば、前記画像処理装置は、前記合成処理に、前記相関を用いた重み付け平均を用いる。これによって、たとえば合成対象の画像にいわゆる手ぶれに起因するずれがある場合も、前記合成画像の画質を向上させることができる。また本発明によれば、前記画像処理装置は、合成対象の画像のうちから、被処理画像とのずれの検出の信頼性が低い補助画像を除く。これによって、前記ずれの検出誤りに起因して、前記合成画像の画質が劣化することを、防止することができる。

【0161】さらにまた本発明によれば、前記画像処理装置は、前記補助画像と被処理画像とのずれに基づいて、前記補助画像を変形してから、変形後の補助画像と前記被処理画像とを合成する。これによって、補助画像と前記被処理画像とにいわゆる手ぶれに起因するずれがある場合でも、前記合成画像の画質を向上させることができる。また本発明によれば、前記画像処理装置は、前記ずれを求める基準とするべき複数の特徴点を、前記被処理画像内に相互に予め定める距離だけ離して配置される複数の領域の中から、1つずつ抽出する。これによって、前記被処理画像と各補助画像とのずれを、確実に検出することができる。

【0162】さらにまた本発明によれば、前記画像処理装置の輝度補正手段は、前記被処理画像の各画素の輝度を、該輝度と予め定める基準輝度との和を予め定める関数に基づいて変換した値に置換える。これによって、被処理画像に重畳されるランダムノイズが輝度補正処理に起因して増幅されることを、防止することができる。

【0163】また本発明によれば、前記画像処理装置は、さらに、前記輝度補正処理および彩度抑制処理が施された被処理画像の画素の彩度を、前記補正された輝度が高いほど、強調する。これによって、前記彩度抑制処理によって抑制されたランダムノイズを増加させることなく、前記輝度補正処理によって失われた各画素の彩度だけを補正することができる。さらにまた本発明によれば、前記画像処理装置は、さらに、前記輝度補正処理および彩度抑制処理が施された被処理画像に、先鋭化を施す。前記先鋭化の度合は、前記被処理画像の中の前記高輝度領域ほど、強い。この結果、前記彩度抑制処理によって抑制されたランダムノイズを増加させることなく、前記被処理画像を先鋭化することができる。

【0164】また本発明によれば、前記画像処理装置は、いわゆる輝度補正処理が施された前記被処理画像に、さらに彩度抑制処理を画素単位で施すための画像処理プログラムが、媒体に記憶される。この画像処理プログラムをコンピュータにインストールして実行させるだけで、画像処理装置を容易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態である画像処理装置 22 を含む画像作成装置 21 の電気的な構成を示すブロック図である。

【図 2】画像処理装置 22 内の画質改善部 31 の機能的構成を示すブロック図である。

【図 3】画質改善部 31 の中の参照用前処理部 41 内の輝度補正部 51 の機能的構成を示すブロック図である。

【図 4】画質改善部 31 に備えられる輝度補正ルックアップテーブルの特性を示すグラフである。

【図 5】画質改善部 31 に備えられる輝度補正ルックアップテーブルの特性を示すグラフである。

【図 6】画質改善部 31 の中の参照用前処理部 41 内の色ノイズ除去部 52 の機能的構成を示すブロック図である。

【図 7】色ノイズ除去部 52 の中の彩度抑制部 67 において、画素の彩度成分 S の抑制の度合を定めるために用いられる輝度評価係数 k_i と、画素の輝度成分 V との関係を示すグラフである。

【図 8】色ノイズ除去部 52 の中の彩度抑制部 67 において、画素の彩度成分 S の抑制の度合を定めるために用いられる彩度評価係数 k_s と、画素の彩度成分 S との関係を示すグラフである。

【図 9】画質改善部 31 内の特徴点抽出部 42 の動作を説明するための、参照画像 l_r の模式図である。

【図 10】画質改善部 31 内の補助用前処理部 45 の動作を説明するための、参照画像 l_r および補助画像 l_q (n) の模式図である。

【図 11】画質改善部 31 の中の合成部 46 における第 1 の手法の合成処理を説明するための機能的ブロック図である。

【図 12】画質改善部 31 の中の合成部 46 における第 2 の手法の合成処理を説明するための機能的ブロック図である。

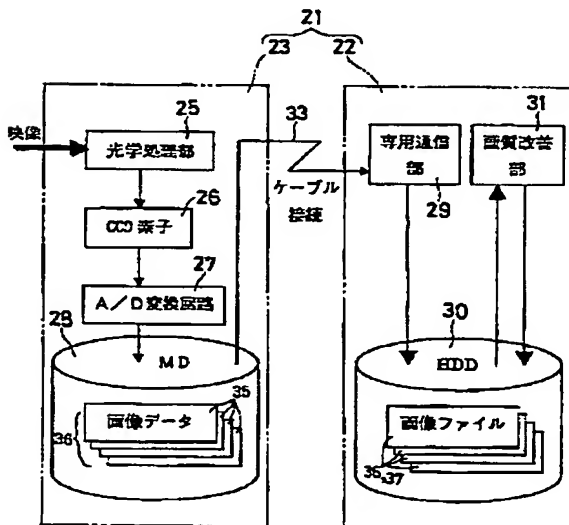
【図 13】ランダムノイズの抑制に関する第 1 の従来技術である雑音除去回路 1 の電気的構成を示すブロック図である。

【図 14】ランダムノイズの抑制に関する第 2 の従来技術である映像信号処理装置の電気的構成を示すブロック図である。

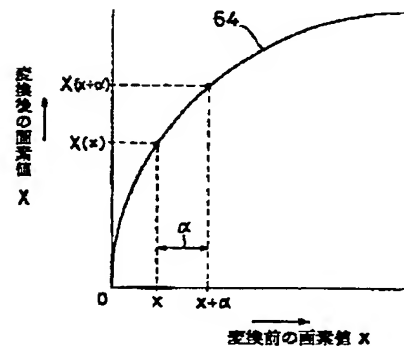
【符号の説明】

- 22 画像処理装置
- 23 撮影装置
- 29 通信部
- 31 画質改善部
- 42 特徴点抽出部
- 43 (1) ~ 43 (N) 対応点探索部
- 44 (1) ~ 44 (N) 変形部
- 46 合成部
- 51, 53 (1) ~ 53 (N) 輝度補正部
- 52, 54 (1) ~ 54 (N) 色ノイズ除去部
- 55 彩度強調部
- 56 先鋭化部
- 81, 82, 83 特徴点探索領域

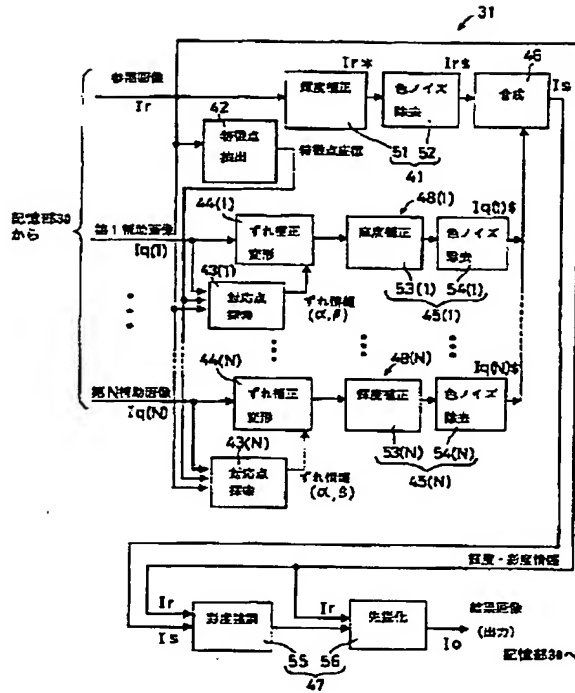
【図 1】



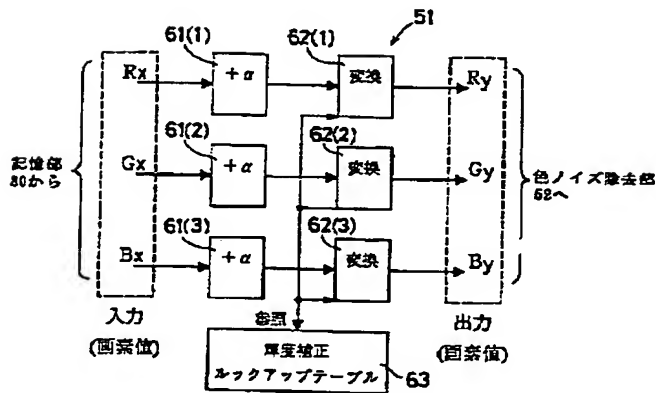
【図 4】



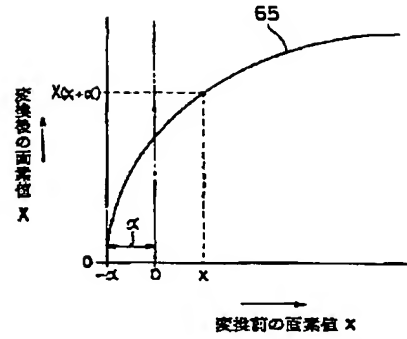
【図2】



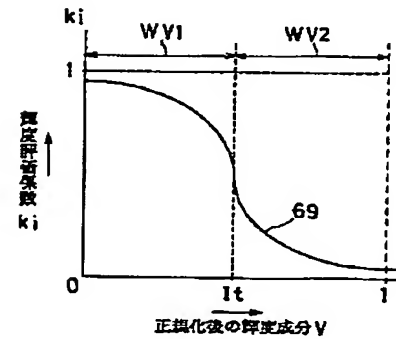
【図3】



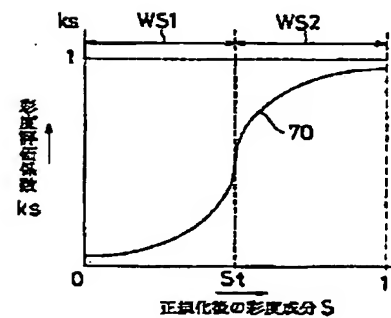
【図5】



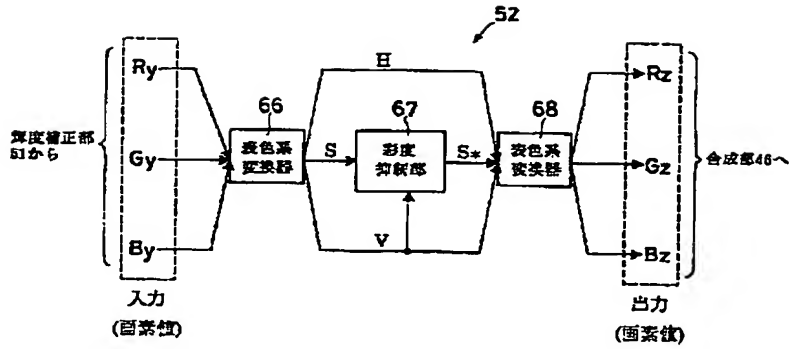
【図7】



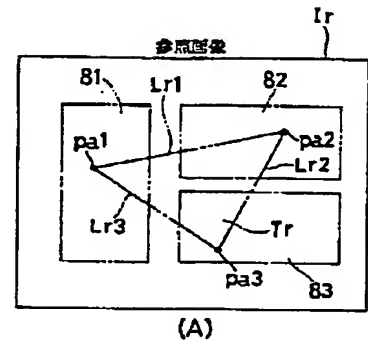
【図8】



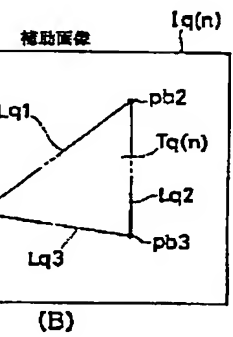
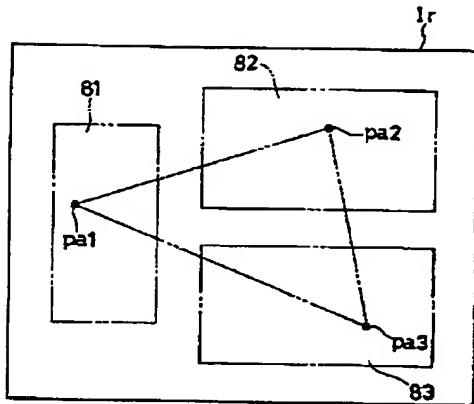
【図6】



【図10】

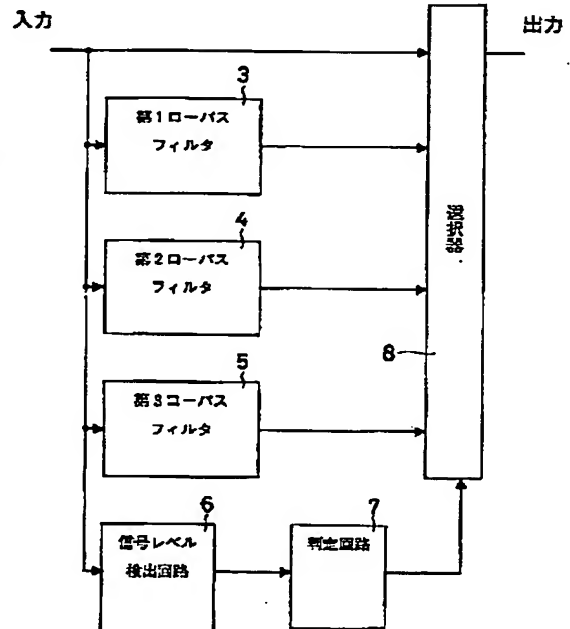
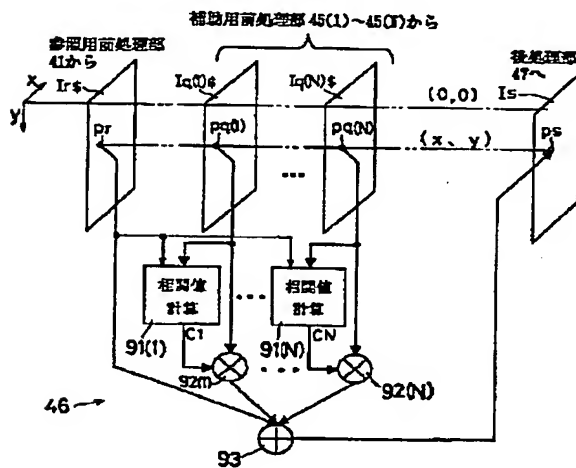


【図9】

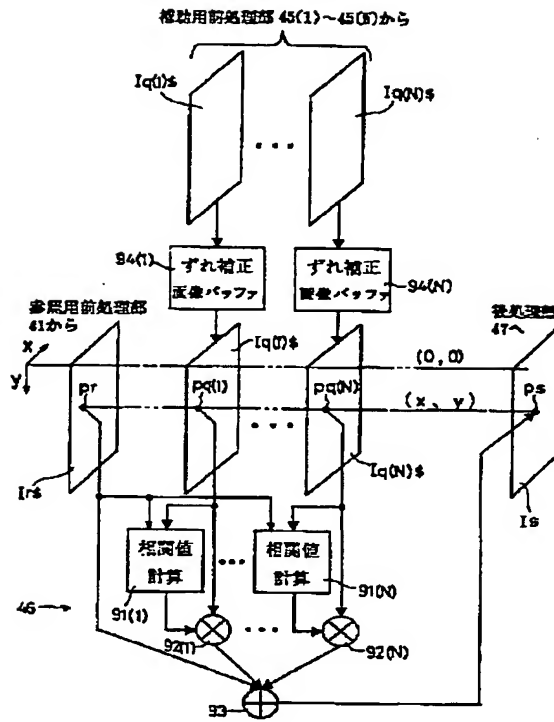


【図13】

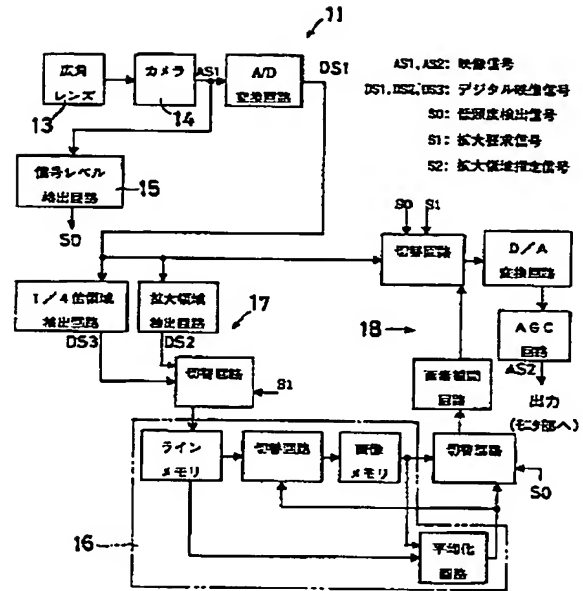
【図11】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 安久
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.